

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

**DESENVOLUPAMENT DEL CONJUNT MECÀNIC DE LA RODA
D'UN FORMULA STUDENT**



VOLUM IV – Annexes

Autor: Albert Parera Mena
Director: Pedro Ortiz Morón
Convocatòria: Juny 2017

Índex de figures

Figura 1.1 – Representació de les forces del pneumàtic actuant sobre la roda posterior	7
Figura 1.2 – Identificació de cada rodament	8
Figura 1.3 – DSL de l'eix anterior	9
Figura 1.4 – DSL de l'eix posterior	10
Figura 2.1 – Resultats visuals de la simulació A11	16
Figura 2.2 – Resultats visuals de la simulació A12	17
Figura 2.3 - Resultats visuals de la simulació A13	18
Figura 2.4 - Resultats visuals de la simulació A14	19
Figura 2.5 - Resultats visuals de la simulació A15	20
Figura 2.6 - Resultats visuals de la simulació A16	21
Figura 2.7 - Resultats visuals de la simulació A21	22
Figura 2.8 - Resultats visuals de la simulació A22	23
Figura 2.9 - Resultats visuals de la simulació A23	24
Figura 2.10 - Resultats visuals de la simulació A24	25
Figura 2.11 - Resultats visuals de la simulació A25	26
Figura 2.12 - Resultats visuals de la simulació A26	27
Figura 2.13 - Resultats visuals de la simulació A31	28
Figura 2.14 - Resultats visuals de la simulació A32	29
Figura 2.15 - Resultats visuals de la simulació A33	30
Figura 2.16 - Resultats visuals de la simulació A34	31
Figura 2.17 - Resultats visuals de la simulació A35	32
Figura 2.18 - Resultats visuals de la simulació A36	33
Figura 2.19 - Resultats visuals de la simulació A41	34
Figura 2.20 - Resultats visuals de la simulació A42	35
Figura 2.21 - Resultats visuals de la simulació A43	36
Figura 2.22 - Resultats visuals de la simulació A44	37
Figura 2.23 - Resultats visuals de la simulació A45	38
Figura 2.24 - Resultats visuals de la simulació A46	39
Figura 2.25 – Resultats visuals de la simulació B11	42
Figura 2.26 - Resultats visuals de la simulació B12	43
Figura 2.27 - Resultats visuals de la simulació B13	44
Figura 2.28 - Resultats visuals de la simulació B14	45
Figura 2.29 - Resultats visuals de la simulació B15	46
Figura 2.30 - Resultats visuals de la simulació B16	47
Figura 2.31 - Resultats visuals de la simulació B21	48
Figura 2.32 - Resultats visuals de la simulació B22	49
Figura 2.33 - Resultats visuals de la simulació B23	50
Figura 2.34 - Resultats visuals de la simulació B24	51
Figura 2.35 - Resultats visuals de la simulació B25	52
Figura 2.36 - Resultats visuals de la simulació B26	53
Figura 2.37 - Resultats visuals de la simulació B31	54
Figura 2.38 - Resultats visuals de la simulació B32	55
Figura 2.39 - Resultats visuals de la simulació B33	56
Figura 2.40 - Resultats visuals de la simulació B34	57
Figura 2.41 - Resultats visuals de la simulació B35	58
Figura 2.42 - Resultats visuals de la simulació B36	59
Figura 2.43 - Resultats visuals de la simulació B41	60
Figura 2.44 - Resultats visuals de la simulació B42	61
Figura 2.45 - Resultats visuals de la simulació B43	62
Figura 2.46 - Resultats visuals de la simulació B44	63
Figura 2.47 - Resultats visuals de la simulació B45	64
Figura 2.48 - Resultats visuals de la simulació B46	65
Figura 2.49 - Resultats visuals de la simulació C11	68
Figura 2.50 - Resultats visuals de la simulació C12	69
Figura 2.51 - Resultats visuals de la simulació C13	70
Figura 2.52 - Resultats visuals de la simulació C14	71

Figura 2.53 - Resultats visuals de la simulació C15	72
Figura 2.54 - Resultats visuals de la simulació C16	73
Figura 2.55 - Resultats visuals de la simulació C21	74
Figura 2.56 - Resultats visuals de la simulació C22	75
Figura 2.57 - Resultats visuals de la simulació C23	76
Figura 2.58 - Resultats visuals de la simulació C24	77
Figura 2.59 - Resultats visuals de la simulació C25	78
Figura 2.60 - Resultats visuals de la simulació C26	79
Figura 2.61 - Resultats visuals de la simulació D11	81
Figura 2.62 - Resultats visuals de la simulació D12	82
Figura 2.63 - Resultats visuals de la simulació D13	83
Figura 2.64 - Resultats visuals de la simulació D14	84
Figura 2.65 - Resultats visuals de la simulació D15	85
Figura 2.66 - Resultats visuals de la simulació D16	86
Figura 2.67 - Resultats visuals de la simulació E11	88
Figura 2.68 - Resultats visuals de la simulació E12	89
Figura 2.69 - Resultats visuals de la simulació E13	90
Figura 2.70 - Resultats visuals de la simulació E14	91
Figura 2.71 - Resultats visuals de la simulació E15	92
Figura 2.72 - Resultats visuals de la simulació E16	93

Índex de taules

Taula 2.1 – Forces de frenada aplicades a la mangueta anterior	14
Taula 2.2 - Forces d'acceleració aplicades a la mangueta posterior	14
Taula 2.3 - Forces de corba provinents de les bieletes	14
Taula 2.4 – Parells de frenada aplicat a les manguetes	14
Taula 2.5 – Resultats numèrics de les simulacions de la mangueta anterior	15
Taula 2.6 - Resultats numèrics de les simulacions de la mangueta posterior	15
Taula 2.7 - Forces de frenada aplicades a la caixa anterior	40
Taula 2.8 - Forces de frenada aplicades a la caixa posterior	40
Taula 2.9 - Parells de frenada aplicat a les caixes	40
Taula 2.10 - Resultats numèrics de les simulacions de la caixa anterior	41
Taula 2.11 - Resultats numèrics de les simulacions de la caixa posterior	41
Taula 2.12 – Forces de frenada aplicades al suport del trapezi anterior	66
Taula 2.13 - Forces d'acceleració aplicades al suport del trapezi posterior	66
Taula 2.14 - Forces de corba provinents de les bieletes	66
Taula 2.15 - Resultats numèrics de les simulacions del suport anterior del trapezi	66
Taula 2.16 - Resultats numèrics de les simulacions del suport posterior del trapezi	67
Taula 2.17 - Parell de frenada aplicat al suport de la pinça	80
Taula 2.18 - Resultats numèrics de les simulacions de la pinça	80
Taula 2.19 - Forces de corba provinent de la bieleta anterior	87
Taula 2.20 - Resultats numèrics de les simulacions del suport de la bieleta	87

Índex

1. ANNEX A – CÀLCULS	1
A1. Criteris de resistència i deformació	1
A1.1 Factor de seguretat	1
A1.2 Desplaçament	2
A2. Nombre de cicles que fa una roda	3
A3. Força longitudinal del pneumàtic produïda per la transmissió.....	5
A4. Vida útil dels rodaments	6
A4.1. Vida útil.....	6
A4.2. Forces axials i radials	7
A4.3. Model de càlcul seguit	11
A4.4. Resultats obtinguts i anàlisi	11
2. ANNEX B – SIMULACIONS	14
B1. Manguetes.....	14
B1.1. Càrregues aplicades	14
B1.2. Resultats numèrics	15
B1.3. Resultats visuals	16
B2. Boixes.....	40
B2.1. Càrregues aplicades	40
B2.2. Resultats numèrics	40
B2.3. Resultats visuals	42
B3. Suports dels trapezis	66
B3.1. Càrregues aplicades	66
B3.2. Resultats numèrics	66
B3.3. Resultats visuals	68
B4. Suport de la pinça.....	80
B4.1. Càrregues aplicades	80
B4.2. Resultats numèrics	80
B4.3. Resultats visuals	81
B5. Suport de la bieleta de direcció	87
B5.1. Càrregues aplicades	87
B5.2. Resultats numèrics	87
B5.3. Resultats visuals	88

3. ANNEX C – INFORMACIÓ EXTRA I DATASHEETS	94
C1. Organització de l'e-Tech Racing	94
C2. Característiques tècniques del vehicle (<i>Design Spec Sheet</i>).....	95
C3. Dependència entre components	98
C4. Sensor GS101205.....	101
C5. Rodaments.....	102
C6. Llanta Braid Sturace.....	104
C7. Propietats Alumini 7075-T6.....	105
C8. Llista de comprovació de les unions cargolades.....	106

1. Annex A – Càlculs

A1. Criteris de resistència i deformació

A1.1 Factor de seguretat

El factor de seguretat el podem definir com la relació entre la resistència d'un element i la sol·licitació a la qual es troba sotmès:

$$FS = \frac{\text{Resistència}}{\text{Sollicitació}} \quad \text{Eq. 0.1}$$

El factor de seguretat també el podem expressar en forma de producte de dos coeficients:

$$FS = C_u \cdot C \quad \text{Eq. 0.2}$$

On:

- C_u és el coeficient de seguretat, utilitzat per minorar la resistència.
- C és el coeficient de divergència de càrrega, utilitzat per augmentar la càrrega.

Per veure-ho de forma més visual es pot expressar de la següent manera:

$$\text{Sollicitació} \cdot C = \frac{\text{Resistència}}{C_u} \quad \text{Eq. 0.3}$$

Com és habitual, els aspectes de resistència i sol·licitació s'expressen en forma de tensió:

$$FS = \frac{\sigma_F}{\sigma_{max}} \quad \text{Eq. 0.4}$$

On:

- σ_F és la tensió de fluència corresponent al material de l'element analitzat.
- σ_{max} és la tensió màxima existent en l'element d'estudi segons el càlcul realitzat.

Així doncs, el criteri seguit per a dimensionar els elements ha consistit en tenir un resultat de factor de seguretat en les simulacions aproximadament igual o superior al factor de seguretat mínim establert:

$$FS \geq FS' \quad \text{Eq. 0.5}$$

On:

- FS és el coeficient de seguretat mínim obtingut en el càlcul.
- FS' és el coeficient de seguretat mínim establert segons els criteris del dissenyador.

Així doncs factor de seguretat que de forma general ha sigut el mínim establert seguit en càlculs i simulacions és:

$$FS \geq 2,5 \quad \text{Eq. 0.6}$$

Aquest valor es podria desglossar definint uns valors de coeficient de seguretat doble i un coeficient de divergència de càrrega de 3/2:

Per $C = 1,25$ i $C_u = 2$ seguint equació 6.2:

$$FS' = 1,25 \cdot 2 = 2,5$$

A1.2 Desplaçament

Per a establir el criteri de desplaçament es segueix la següent expressió:

$$\mu_{max} \leq \mu' \quad \text{Eq. 0.7}$$

On:

- μ_{max} és el desplaçament màxim obtingut del càlcul realitzat.
- μ' és el desplaçament màxim permisible establert pel dissenyador.

El desplaçament màxim que s'ha permès en el disseny és de 0,5mm per totes aquelles zones que siguin propenses a tenir una fletxa alta:

$$\mu_{max} \leq 0,5 \text{ mm} \quad \text{Eq. 0.8}$$

Aquest valor també es pot expressar en forma de la relació amb la longitud màxima de l'element:

$$\mu_{max} = \frac{l_{max}}{600} \quad \text{Eq. 0.9}$$

On:

- l_{max} és la longitud màxima de l'element amb major longitud de tot l'estudi. Pel nostre cas es tracta de la mangueta, que té una alçada màxima de 286mm.

A2. Nombre de cicles que fa una roda

A partir de l'expressió que relaciona la velocitat lineal i l'angular a través del radi es pot obtenir aquesta velocitat angular.

$$V = \omega \cdot r \quad \text{Eq. 0.10}$$

On:

- V (m/s) és la velocitat lineal mitja del vehicle.
- ω (rad/s) es tracta de la velocitat angular que experimenta la roda.
- r (mm) és el radi de la roda que en el cas estudiat és de 260,35mm.

Tenint en compte les unitats l'expressió per calcular la velocitat angular de les rodes en forma de revolucions per minut és:

$$n = \frac{V \cdot 10^6}{120\pi \cdot r} \quad \text{Eq. 0.11}$$

On:

- n (rev/min) és la velocitat angular expressada en voltes per minut.
- V (m/s) és la velocitat lineal mitja del vehicle. S'estima en 60 Km/h.
- r (mm) és el radi de la roda que en el cas estudiat és de 260,35mm.

Suposant una velocitat mitja màxima de 60 Km/h corresponent a la prova de resistència es té uns resultats de velocitat angular mitja.

$$n = 611 \text{ rev/min}$$

Per a calcular el número de voltes que es faran durant la prova de resistència es multiplica la velocitat angular obtinguda amb el temps que dura la prova:

$$n^{\circ} \text{ de voltes} = n \cdot t_{prova} \quad \text{Eq. 0.12}$$

On:

- $n^{\circ} \text{ de voltes}$ (rev) és el número de voltes o cicles que farà la roda durant una prova de resistència.
- n (rev/min) és la velocitat angular expressada en voltes per minut
- t_{prova} és el temps estimat que ha de durar la prova de resistència. S'estima que pot arribar a ser de 40 minuts de duració tenint en compte que el cotxe pot no funcionar a ple rendiment.

Així doncs el número de cicles quedarà en:

$$n^{\circ} \text{ de voltes} = 24440 \text{ rev}$$

Amb aquest número de voltes que es faran a la prova de resistència i sabent quants cicles aguanta una peça per considerar que s'ha dimensionat a vida infinita, es pot saber la quantitat de proves de resistència que podrà fer el vehicle perquè les seves peces resisteixin a vida infinita:

$$n^{\circ} \text{ de proves} = \frac{n^{\circ} \text{ de cicles de vida infinita}}{n^{\circ} \text{ de voltes}} \quad \text{Eq. 0.13}$$

On:

- *n° de proves* correspon al número de proves de resistència que pot fer una peça que es considera que aguanta a vida infinita.
- *n° de cicles de vida infinita* és el número de cicles que com a mínim ha d'aguantar una peça que treballa a fatiga per considerar que està dimensionada per vida infinita. S'agafa com a referència la coneguda de l'acer de 10^6 cicles. Malgrat es té peces d'alumini, és un valor orientatiu.
- *n° de voltes (rev)* és el número de voltes o cicles que farà la roda durant una prova de resistència.

Els valors obtinguts demostren que les peces no necessàriament han de ser dimensionades per vida infinita ja que el quilòmetres a recórrer durant una temporada son molt inferiors.

$$n^{\circ} \text{ de proves} = 40 \text{ proves de resistència}$$

A3. Força longitudinal del pneumàtic produïda per la transmissió

Aïllant de l'equació de la llei de la palanca i pel corresponent cas d'estudi es verifica que:

$$F_x' = \frac{M_t}{R} \leq F_x \quad \text{Eq. 0.14}$$

On:

- M_t ($N \cdot m$) és el moment degut al sistema tractor del vehicle.
- R (mm) és el radi de la llanta.
- F_x (N) és la força longitudinal que màxima que pot desenvolupar el pneumàtic.
- F_x' (N) és la força longitudinal deguda al parell del sistema tractor.

Del càlcul corresponent és troba que:

$$F_x' = 1536 \text{ N}$$

De la taula 0.8 (forces de frenada aplicades a la caixa posterior) s'obté:

$$F_x = 3203 \text{ N}$$

S'obté per tant que:

$$1536 \text{ N} < 3203 \text{ N}$$

A4. Vida útil dels rodaments

A4.1. Vida útil

La comprovació que el dimensionament realitzat és correcte s'ha fet a partir del càlcul de la vida útil dels rodaments. Les expressions que s'han seguit son les proporcionades a la pàgina web del fabricant per a una situació dinàmica:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad \text{Eq. 0.15}$$

On:

- L_{10} és la vida nominal segons la duració en milions de revolucions.
- p fa referència a un coeficient relacionat amb la duració de vida. Varia en funció del tipus de rodaments. En el nostre cas, on es tenen rodaments de boles el seu valor serà sempre de 3.
- $C (N)$ és la capacitat de càrrega dinàmica proporcionada a través de les característiques del rodament.
- $P (N)$ és la càrrega dinàmica equivalent que té en compte la combinació de la força axial amb la radial. S'obté a partir d'un altre expressió:

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad \text{Eq. 0.16}$$

On:

- X és anomenat factor radial i es troba tabulat en funció de la classe de rodaments del fabricant. Per al cas estudiat equival sempre a 0,56.
- Y és anomenat factor axial i es troba tabulat en funció de la classe de rodaments del fabricant. Per al cas estudiat equival sempre a 1.
- $F_r (N)$ fa referència a la càrrega radial màxima que suportarà el rodament i obtinguda a partir dels càlculs específics de cada cas.
- $F_a (N)$ fa referència a la càrrega axial màxima que suportarà el rodament i obtinguda a partir dels càlculs específics de cada cas.

Per a obtenir la vida del rodament en hores de funcionament es segueix l'equació:

$$L_{10h} = \frac{16666}{n} \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad \text{Eq. 0.17}$$

On:

- n (*rpm*) és la velocitat angular de treball. Pel cas estudiat, sabent que la velocitat mitja del cotxe durant la prova més exigent pot arribar a ser com a molt de 60 Km/h, es tindrà una velocitat angular mitja màxima de 611 *rpm* com s'ha vist en el càlcul dels cicles (equació 0.11).

A4.2. Forces axials i radials

Per a determinar les forces màximes que han de suportar els rodaments i conseqüentment poder determinar si els rodaments que s'estan escollint tindran una vida útil suficientment llarga es realitza el un procés de càlcul basat en el diagrama de sòlid rígid. A partir de l'anàlisi de forces i de moments es podrà determinar F_r i F_a .

Les reaccions que es produeixen degudes a les sol·licitacions dels pneumàtics seran les forces que hauran de poder absorbir els rodaments (F_r i F_a). Es tenen doncs la força normal i longitudinal del pneumàtic que produeixen en el rodament la reacció radial i la força lateral del pneumàtic que produeix la reacció axial.

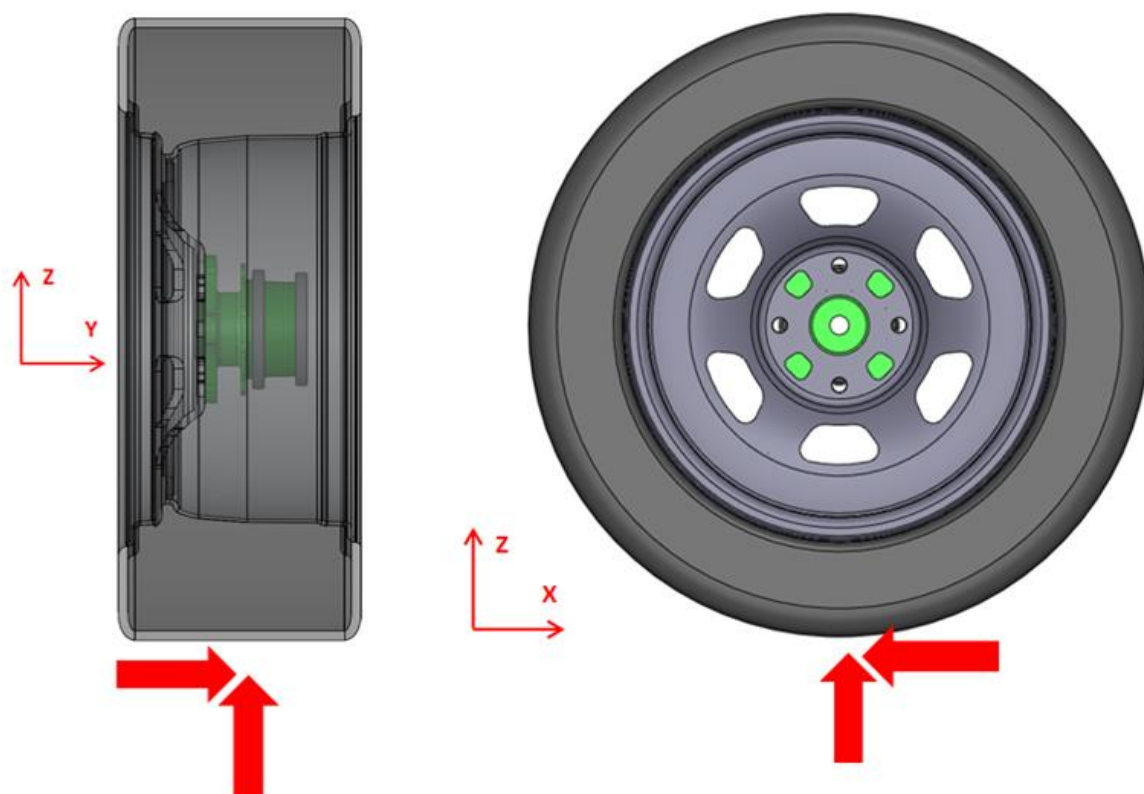


Figura 1.1 – Representació de les forces del pneumàtic actuant sobre la roda posterior

Per tal de tenir una situació de sobre-dimensionament es suposarà que totes les forces que engendra el pneumàtic es produeixen simultàniament, com si es produís a la vegada una força longitudinal màxima deguda a la màxima frenada i una força lateral màxima durant el traçat d'una corba. Com ja s'ha vist, la

força longitudinal màxima es produeix en el cas de frenada a 1,5G per a les rodes anteriors i amb acceleració màxima de 1,5G a l'arrancada en el cas de les posteriors.

El diagrama del sòlid lliure o DSL es realitza per a l'eix anterior en el pla ZY i per el posterior només en el pla XY, sent aquests el plans que contenen les magnituds més elevades.

A efectes pràctics de càlcul es fa la suposició que un dels rodaments és un punt de recolzament rígid, mentre que l'altre és un de lliscant. Es tracte d'un model simplificat per realitzar de forma àgil el càlcul.

Al rodament que es troba més a l'exterior del vehicle se l'anomena rodament A, mentre que al que es troba a la banda interior se li diu B.

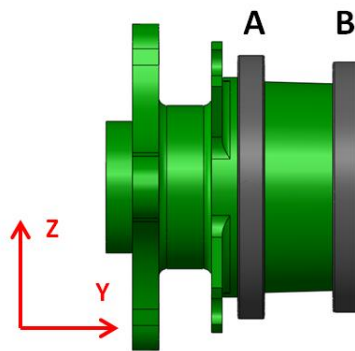


Figura 1.2 – Identificació de cada rodament

El DSL per al cas de les rodes de l'eix anterior serà doncs:

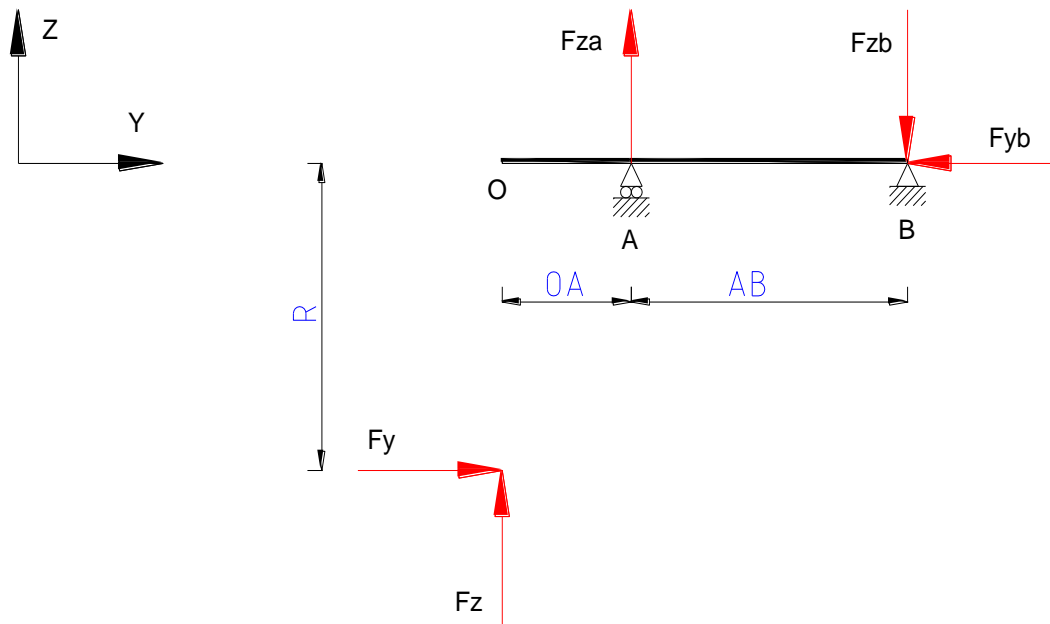


Figura 1.3 – DSL de l'eix anterior

On:

- OA (m) és la distància entre el punt on es produeixen les forces del pneumàtic i el punt mig de l'amplada del rodament A. Pel cas de les rodes davanteres és de 17,87mm i pel de les posteriors de 14,38mm.
- AB (m) és la distància entre els punts centrals de l'amplada dels rodaments A i B. Pel cas de les rodes davanteres és de 33,25mm i pel de les posteriors de 36mm.
- F_x , F_y i F_z (N) són les forces longitudinals, laterals i normals respectivament, produïdes pel pneumàtic. Les podem obtenir de la taula 0.7 i 0.8.
- F_{xA} , F_{xB} i F_{yB} (N) fan referència a les reaccions que es produeixen en els punts de recolzament que són els rodaments.

De les equacions d'equilibri estàtic o primera llei de Newton es pot deduir que:

$$F_{xB} = \frac{F_x \cdot OA + F_y \cdot R}{AB} \quad \text{Eq. 0.18}$$

$$F_{xA} = F_{xB} + F_x \quad \text{Eq. 0.19}$$

$$F_{yB} = F_y \quad \text{Eq. 0.20}$$

Per al cas de les rodes anteriors es té el canvi en sentit de la força longitudinal del pneumàtic ja que és màxima en situació d'acceleració. El DSL per al cas de les rodes de l'eix posterior serà:

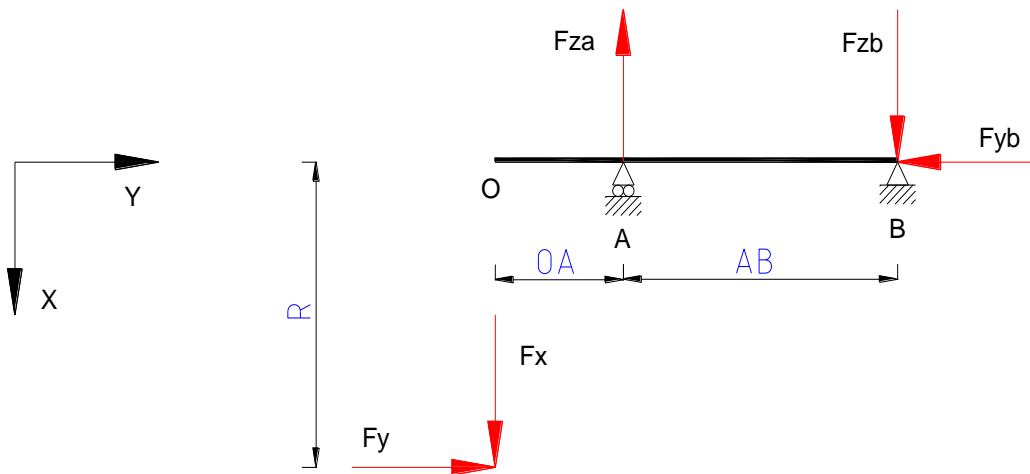


Figura 1.4 – DSL de l'eix posterior

Igual que pel cas anterior, de la primera llei de Newton s'obté:

$$F_{xB} = \frac{F_y \cdot R - F_x \cdot OA}{AB} \quad \text{Eq. 0.21}$$

$$F_{xA} = F_{xB} - F_x \quad \text{Eq. 0.22}$$

$$F_{yB} = F_y \quad \text{Eq. 0.23}$$

Malgrat segons el model utilitzat la càrrega lateral només recau sobre el rodament B, es considera que els dos han de poder absorbir la component axial.

Així doncs un cop obtingudes les reaccions també s'obtenen les forces radials i axials. Els valors de F_{xA} i F_{xB} seran les F_r corresponents i el valor de F_{yB} serà F_a .

A4.3. Model de càlcul seguit

A mode de resum i per tal de veure de forma més global les suposicions fetes, a continuació s'exposa totes les característiques del model utilitzat pel càlcul i dimensionament dels rodaments:

- La n escollida correspon a la velocitat mitja, sen aquest un valor superior al que es tindrà quan es produeixin les forces del pneumàtic en situació de frenada i acceleració.
- Els valors màxims de les forces del pneumàtic utilitzades corresponent a diferents situacions que a la realitat no es produiran a la vegada.
- De la situació anterior es dedueix que la força axial i radial calculades no es produiran simultàniament.
- Per tal d'aplicar les lleis de l'estàtica i tenir un sistema isostàtic es considera que un dels recolzaments és lliscant.

Com es pot veure hi ha un sobre-dimensionament en nombrosos aspectes que s'han de tenir en compte a l'hora de treure les conclusions oportunes.

A4.4. Resultats obtinguts i anàlisi

A continuació es mostren els resultats dels càlculs per la vida útil dels rodaments que finalment s'han seleccionat. També es fa un resum de les dades utilitzades per a fer els càlculs esmenats.

Totes les dades necessàries per a trobar les forces de reacció i posteriorment les hores de funcionament es mostren a la següent taula:

	Rod. anteriors		Rod. posteriors	
	Rod. A	Rod. B	Rod. A	Rod. B
F_x (N)	3005		3203	
F_y (N)	2404		2711	
F_z (N)	1345		1452	
OA (m)	$17,87 \cdot 10^{-3}$		$14,38 \cdot 10^{-3}$	
AB (m)	$33,25 \cdot 10^{-3}$		$36 \cdot 10^{-3}$	
R (m)	$260,35 \cdot 10^{-3}$			

X	0,56			
Y	1			
p	3			
C (N)	17700	15400	13800	13700
n (rpm)	611			

Tabla 1 – Resum de les dades pel càlcul dels rodaments

El resultat de les forces de reacció que han de suportar cada un dels rodaments que finalment es muntaran es troben resumits a les taules que hi ha a continuació:

	Rod. anteriors	Rod. posteriors
F_{xa} (N)	23444	15123
F_{xb} (N)	20439	18326
F_{yb} (N)	2404	2711

Tabla 2 – Resultats de les reaccions que pateixen els rodaments

Dels resultats anteriors es pot deduir els valors de les forces axials i radials que s'hauran de tenir en compte pel càlcul de la vida útil:

	Rod. anteriors		Rod. posteriors	
	Rod. A	Rod. B	Rod. A	Rod. B
Fr (N)	23444	20439	15123	18326
Fa (N)	2404		2711	

Tabla 3 – Forces per al càlcul de la vida útil dels rodaments

Seguint les expressions 0.15 i 0.17, juntament amb les diferents dades proporcionades pel fabricant pròpies de cada rodament s'obtenen els resultats de la vida útil:

	Rod. anteriors		Rod. posteriors	
	Rod. A	Rod. B	Rod. A	Rod. B
L10 (10^6 cycles)	1,48	1,37	1,88	1,18
L10h (h)	40,36	37,50	51,30	32,12

Tabla 4 – Número de cycles i hores de funcionament dels rodaments

Les conclusions derivades dels resultats del càlcul es troben a l'apartat de disseny resistent de la memòria del treball.

2. Annex B – Simulacions

B1. Manguetes

B1.1. Càrregues aplicades

Les forces i càrregues aplicades a la simulació de la mangueta son les següents:

Forces de frenada (N)– eix anterior			
Ubicació	F_x	F_y	F_z
U3F	-414	-746	241
L3F	1236	2765	47

Taula 2.1 – Forces de frenada aplicades a la mangueta anterior

Forces d'acceleració (N) – eix posterior			
Ubicació	F_x	F_y	F_z
U3R	-771	-1111	495
L3F	3770	-695	2011

Taula 2.2 - Forces d'acceleració aplicades a la mangueta posterior

Força de corba (N) - bieletes	
Ubicació	F_y
Bieleta de direcció	792
Bieleta posterior	-522

Taula 2.3 - Forces de corba provinents de les bieletes

Parell de frenada - M_f (N·m)	
Anterior	788
Posterior	325

Taula 2.4 – Parells de frenada aplicat a les manguetes

B1.2. Resultats numèrics

Les forces i càrregues aplicades a la simulació de la mangueta son les següents:

Mangueta anterior			
Simulació	σ_{\max} (Mpa)	u (mm)	FS
A11	146341	4,82E-01	3,45
A12	174608	4,06E-01	2,89
A13	171760	4,91E-01	2,94
A14	154654	4,92E-01	3,27
A15	181054	4,92E-01	2,80
A16	181675	4,92E-01	2,78
A21	201189	4,82E-01	2,51
A22	244057	4,92E-01	2,07
A23	223752	4,91E-01	2,26
A24	228918	4,92E-01	2,21
A25	241292	4,94E-01	2,09
A26	221457	4,92E-01	2,28

Taula 2.5 – Resultats numèrics de les simulacions de la mangueta anterior

Mangueta posterior			
Simulació	σ_{\max} (Mpa)	u (mm)	FS
A31	171101	0,4647	2,95
A32	190812	4,69E-01	2,65
A33	180958	4,68E-01	2,79
A34	193431	4,71E-01	2,61
A35	191896	4,72E-01	2,63
A36	195568	4,72E-01	2,58
A41	196469	5,36E-01	2,57
A42	217873	5,41E-01	2,32
A43	207279	5,43E-01	2,44
A44	221145	5,43E-01	2,28
A45	220738	5,44E-01	2,29
A46	214831	5,45E-01	2,35

Taula 2.6 - Resultats numèrics de les simulacions de la mangueta posterior

B1.3. Resultats visuals

Simulació A1:

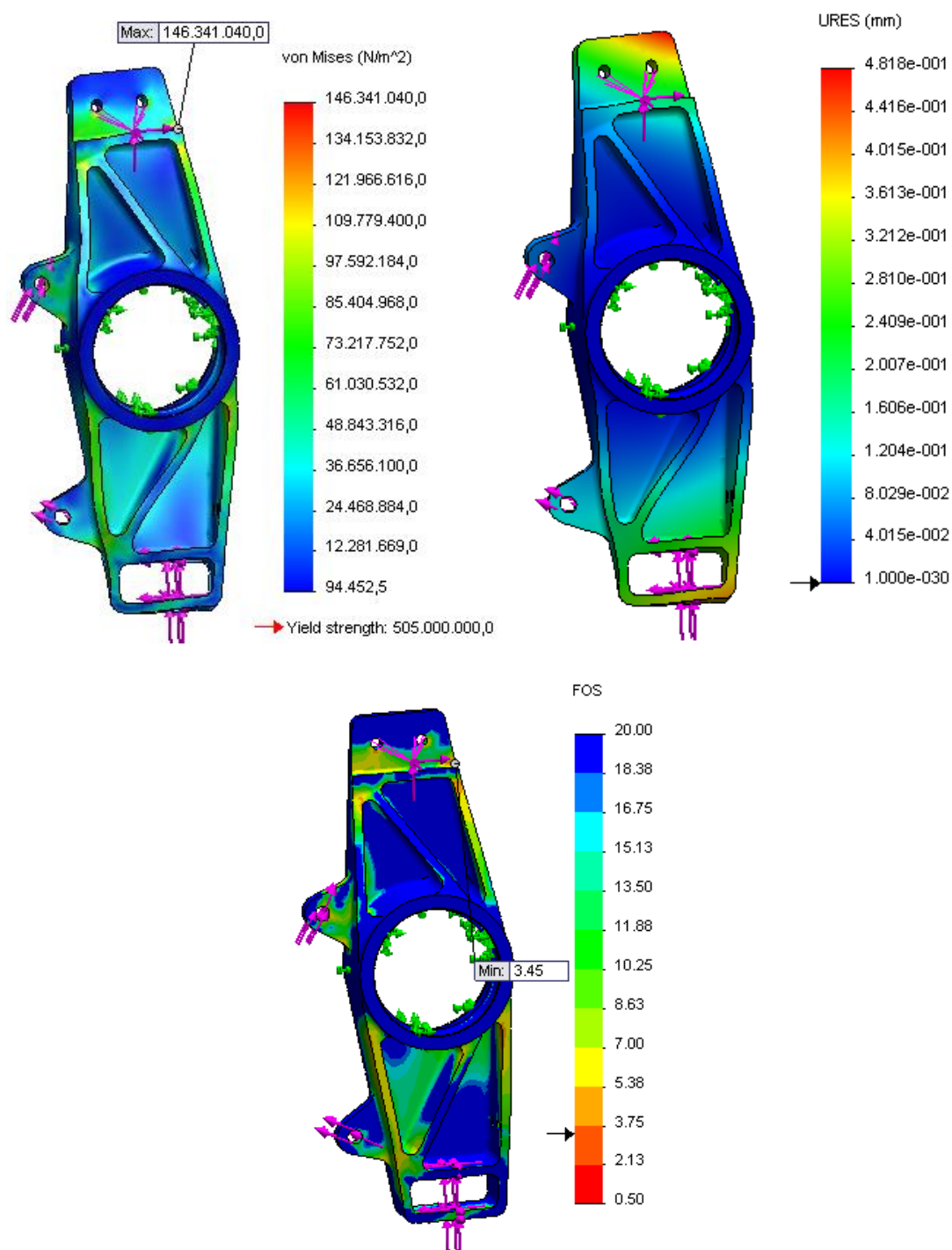


Figura 2.1 – Resultats visuals de la simulació A11

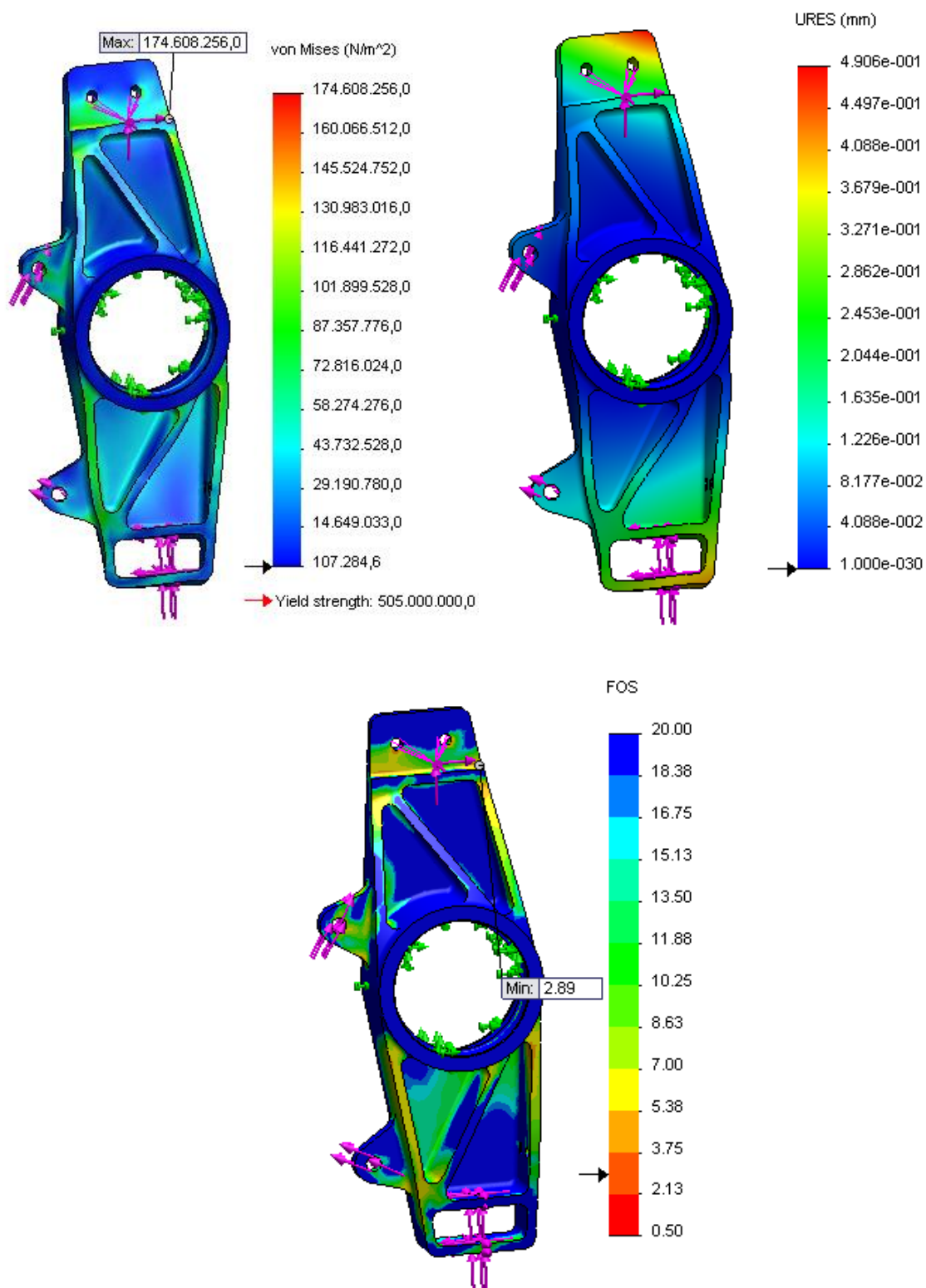


Figura 2.2 – Resultats visuals de la simulació A12

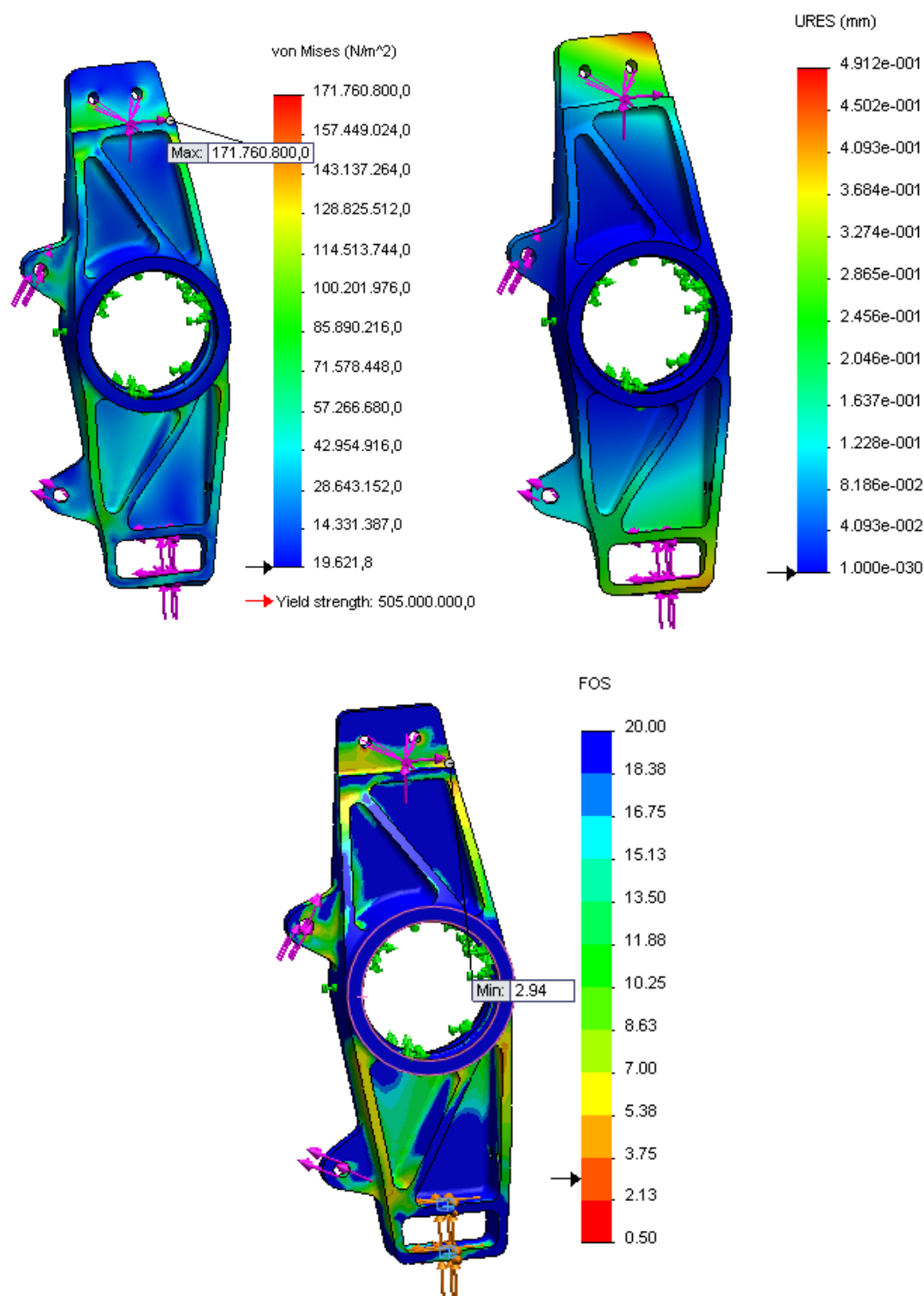


Figura 2.3 - Resultats visuals de la simulació A13

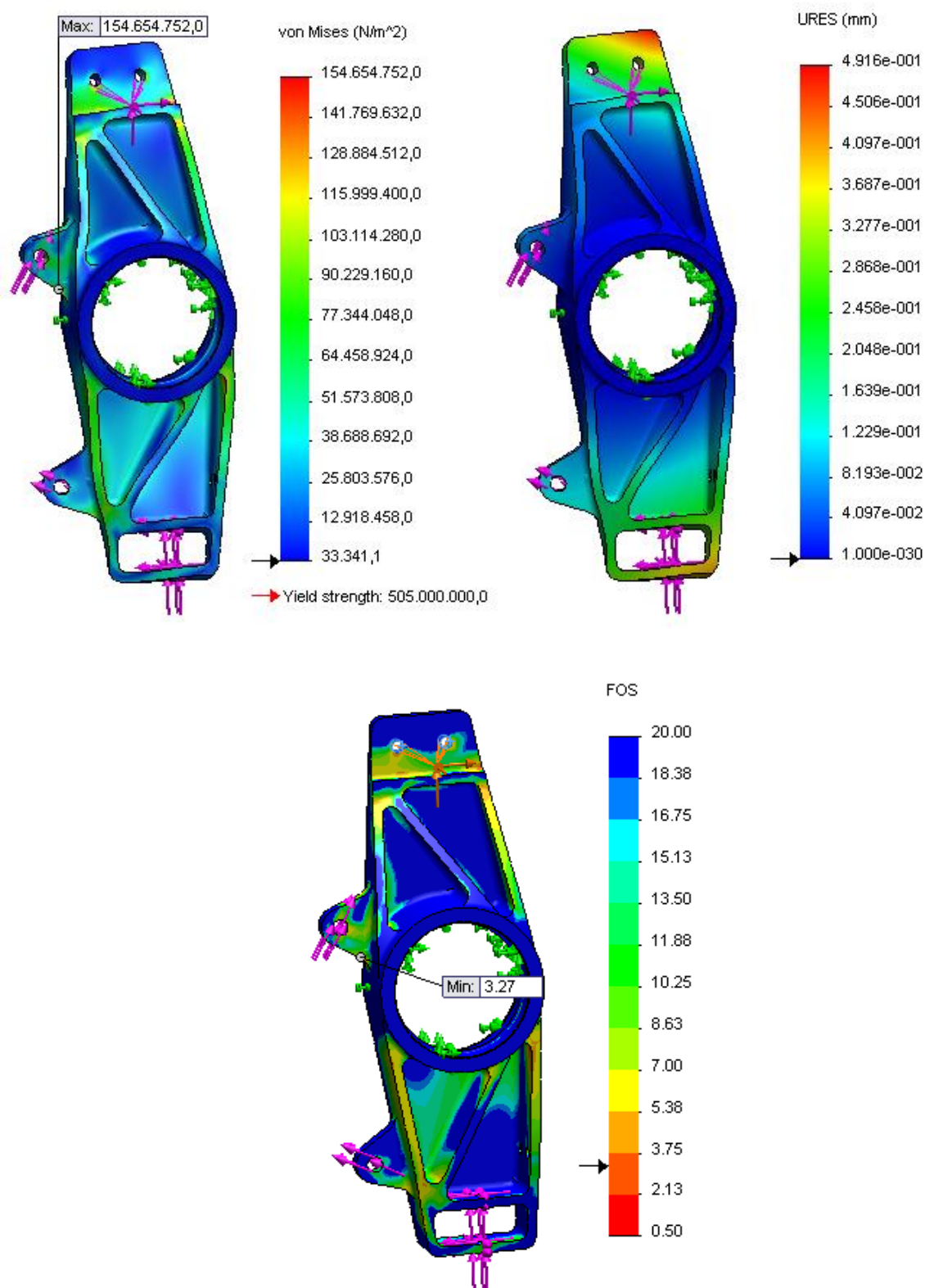


Figura 2.4 - Resultats visuals de la simulació A14

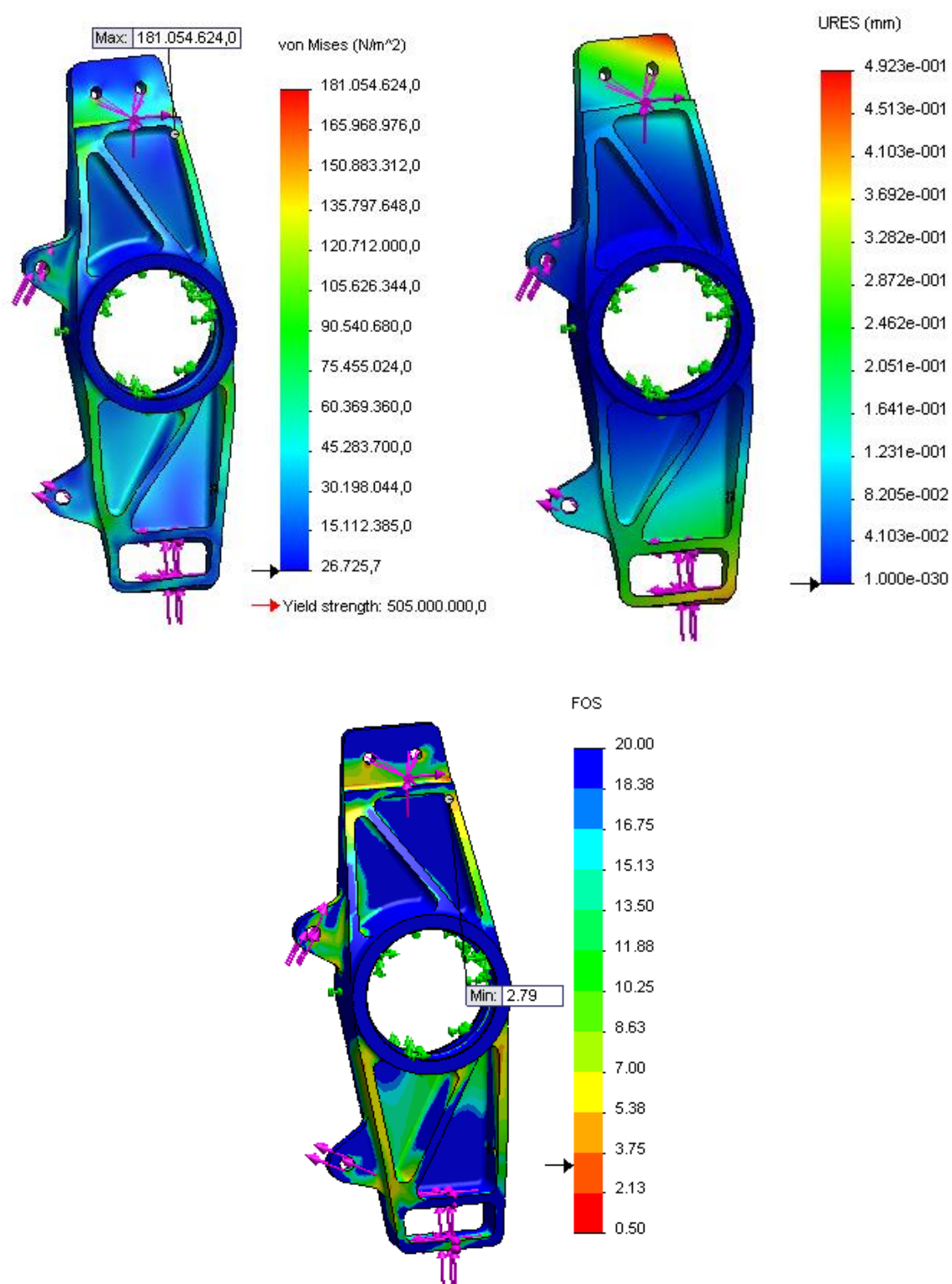


Figura 2.5 - Resultats visuals de la simulació A15

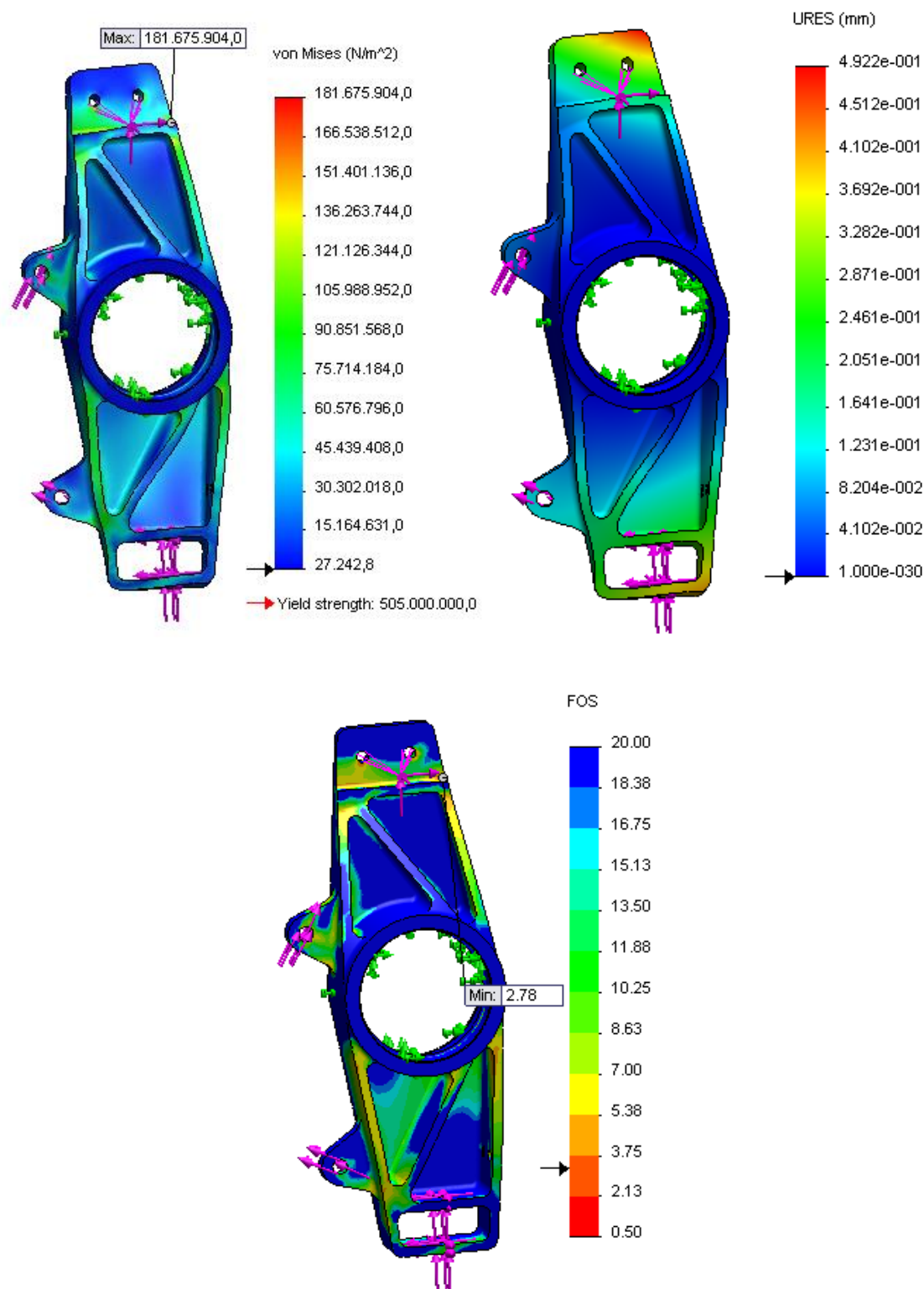


Figura 2.6 - Resultats visuals de la simulació A16

Simulació A2:

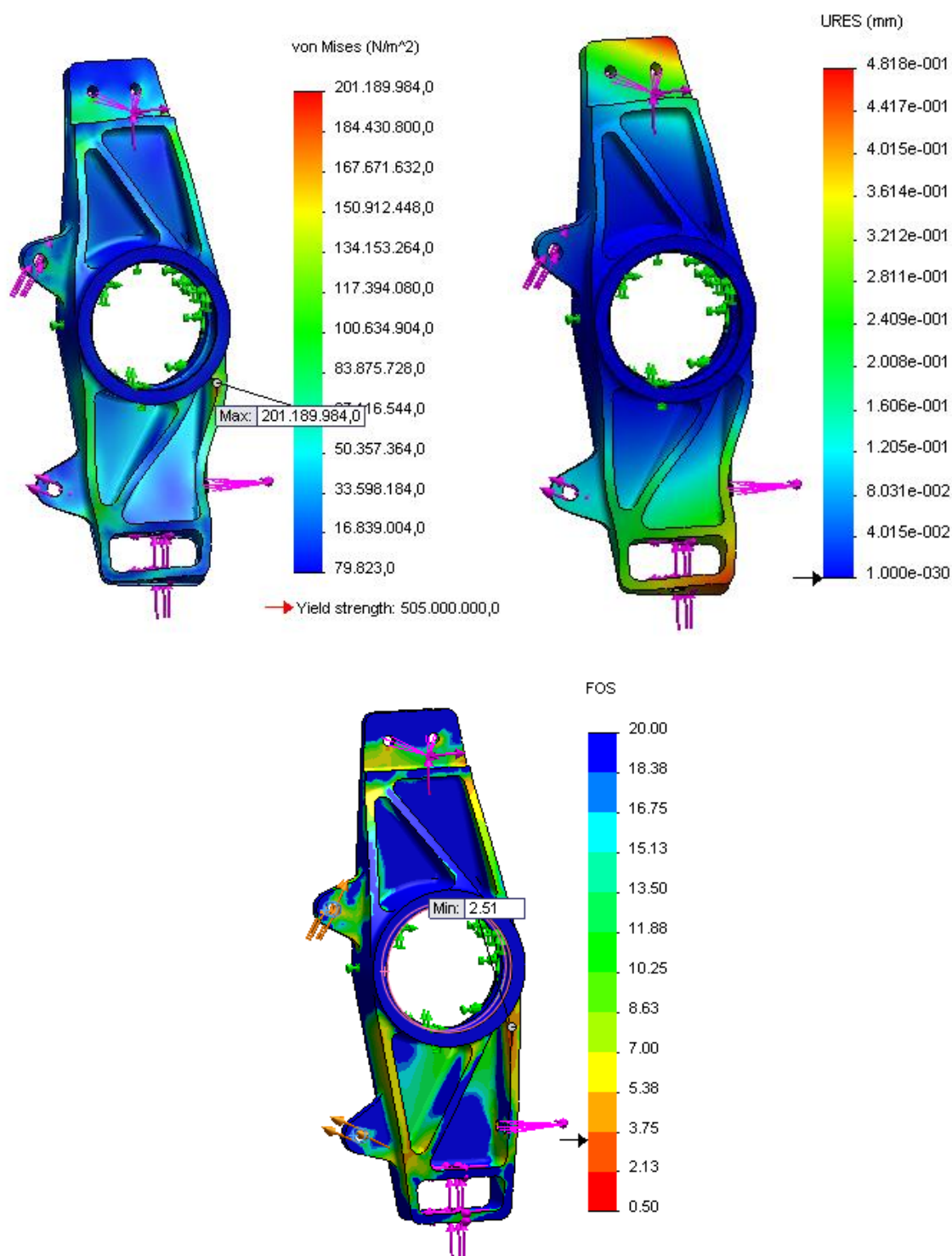


Figura 2.7 - Resultats visuals de la simulació A21

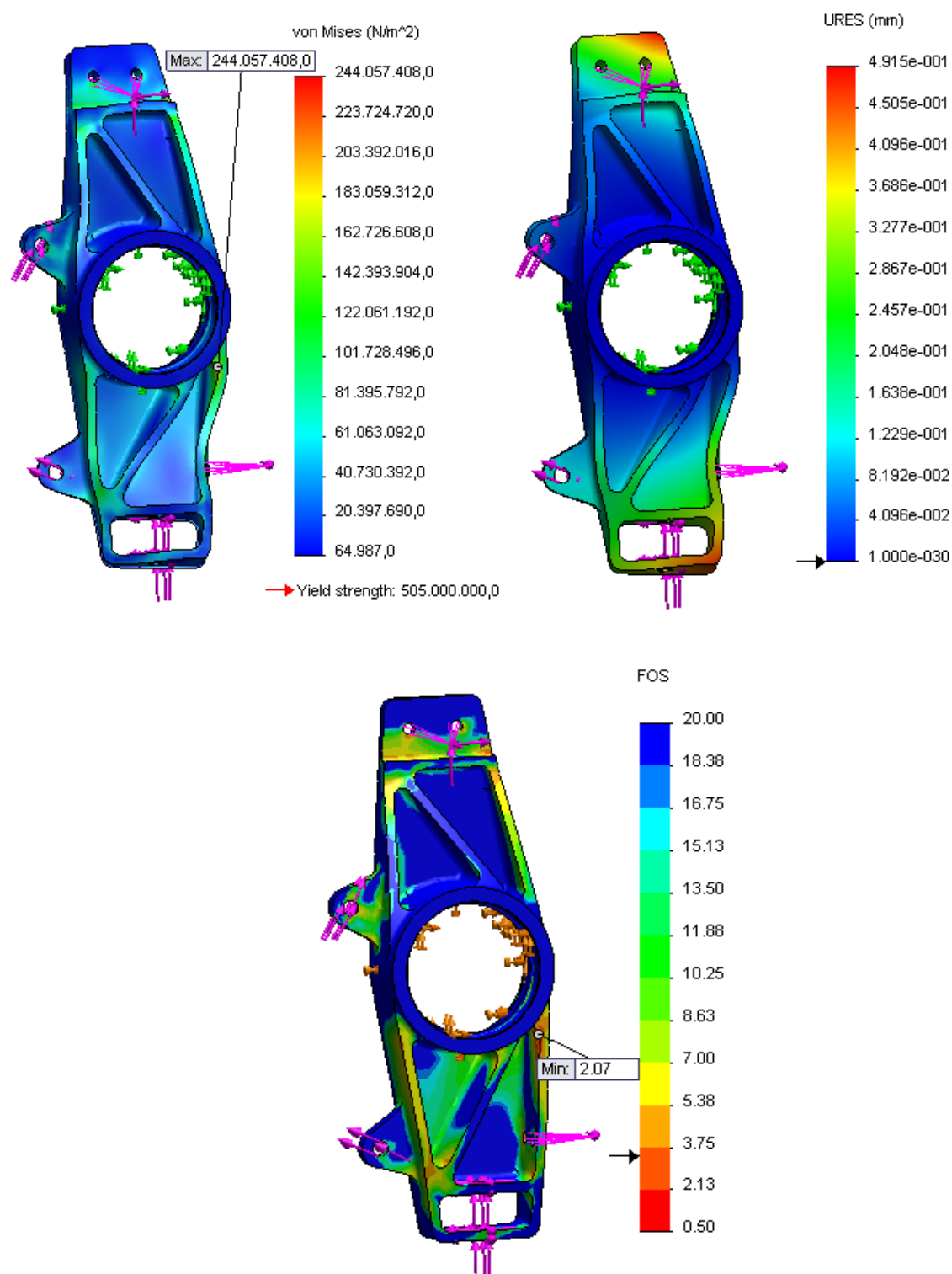


Figura 2.8 - Resultats visuals de la simulació A22

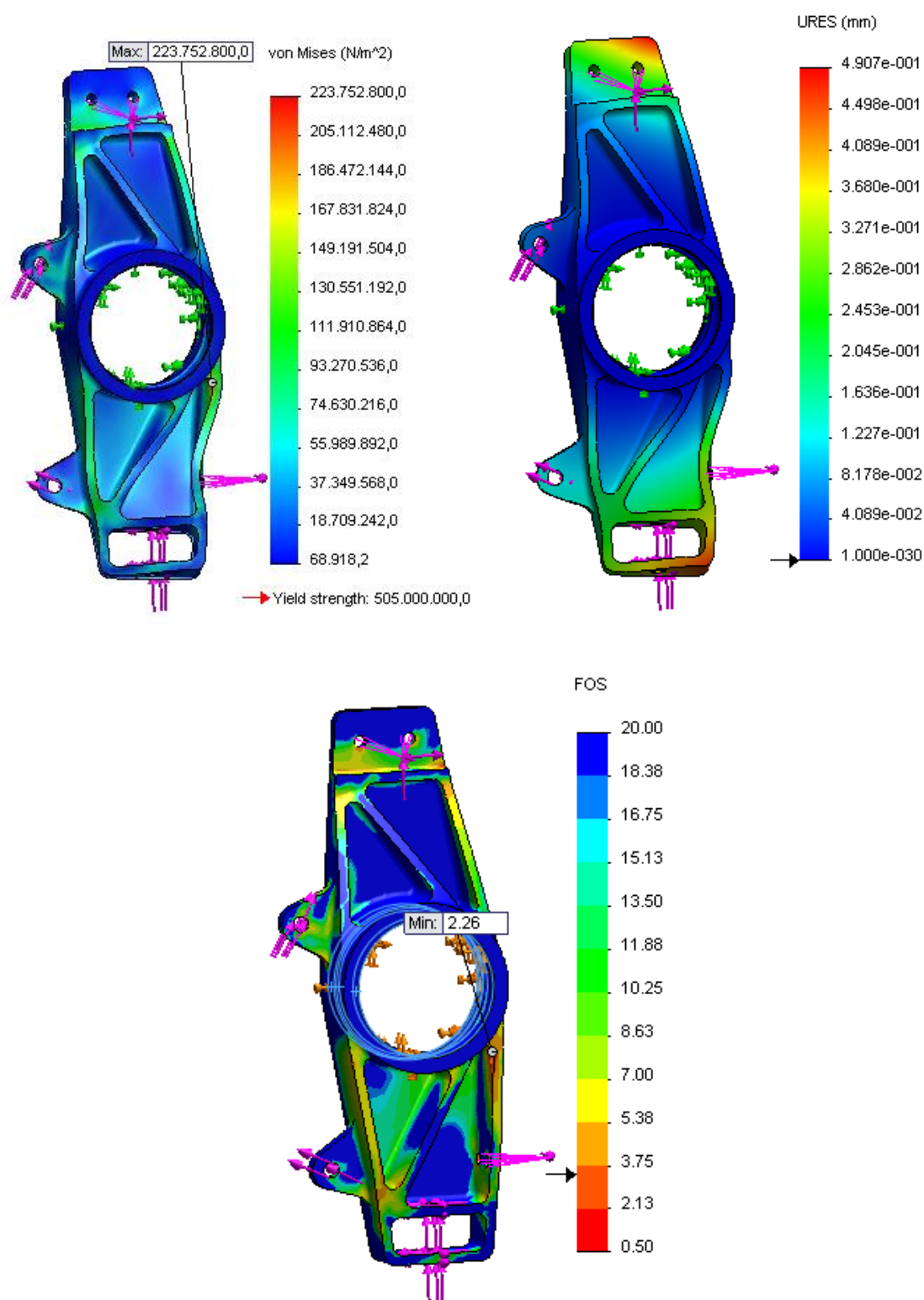


Figura 2.9 - Resultats visuals de la simulació A23

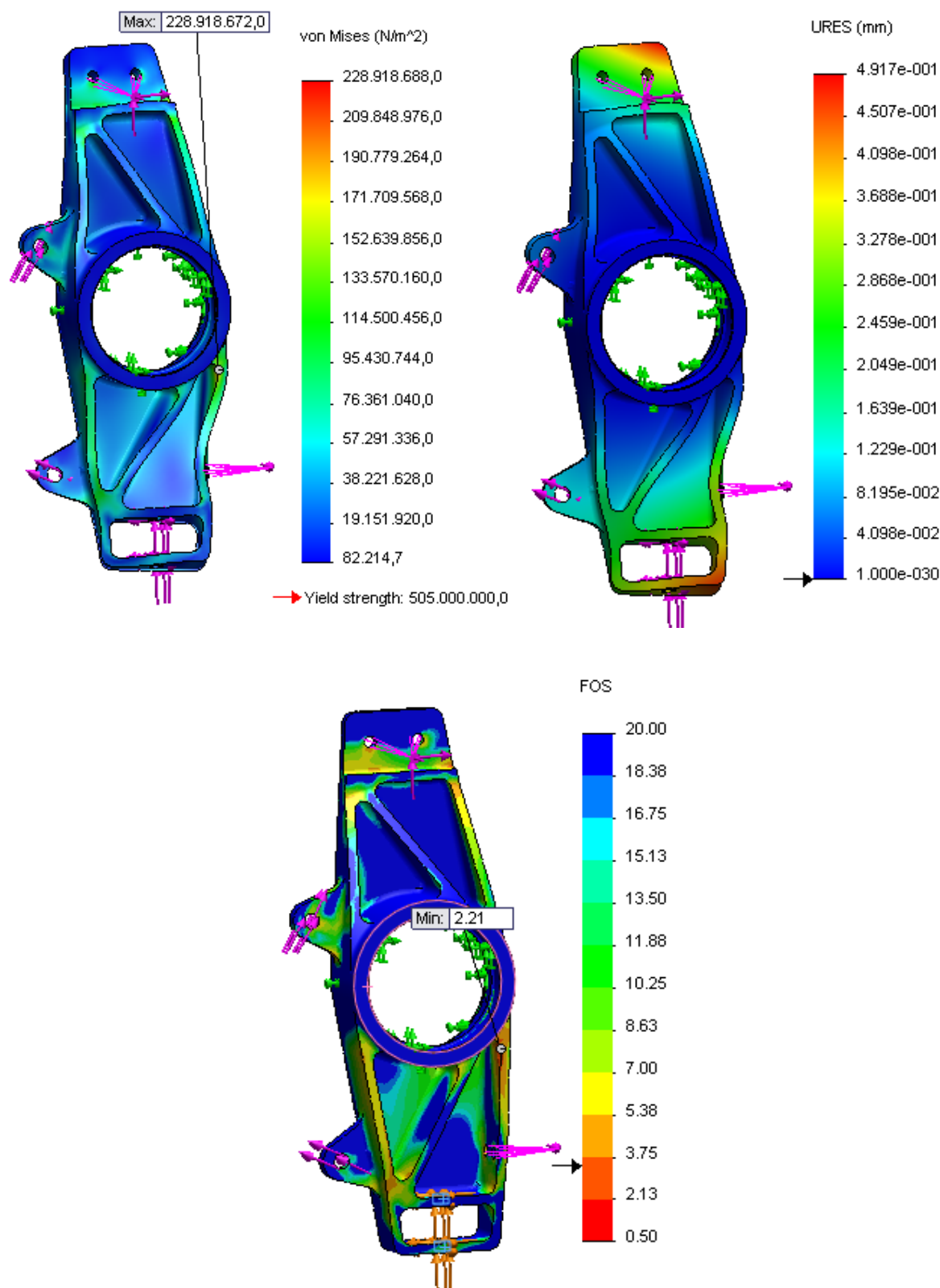


Figura 2.10 - Resultats visuals de la simulació A24

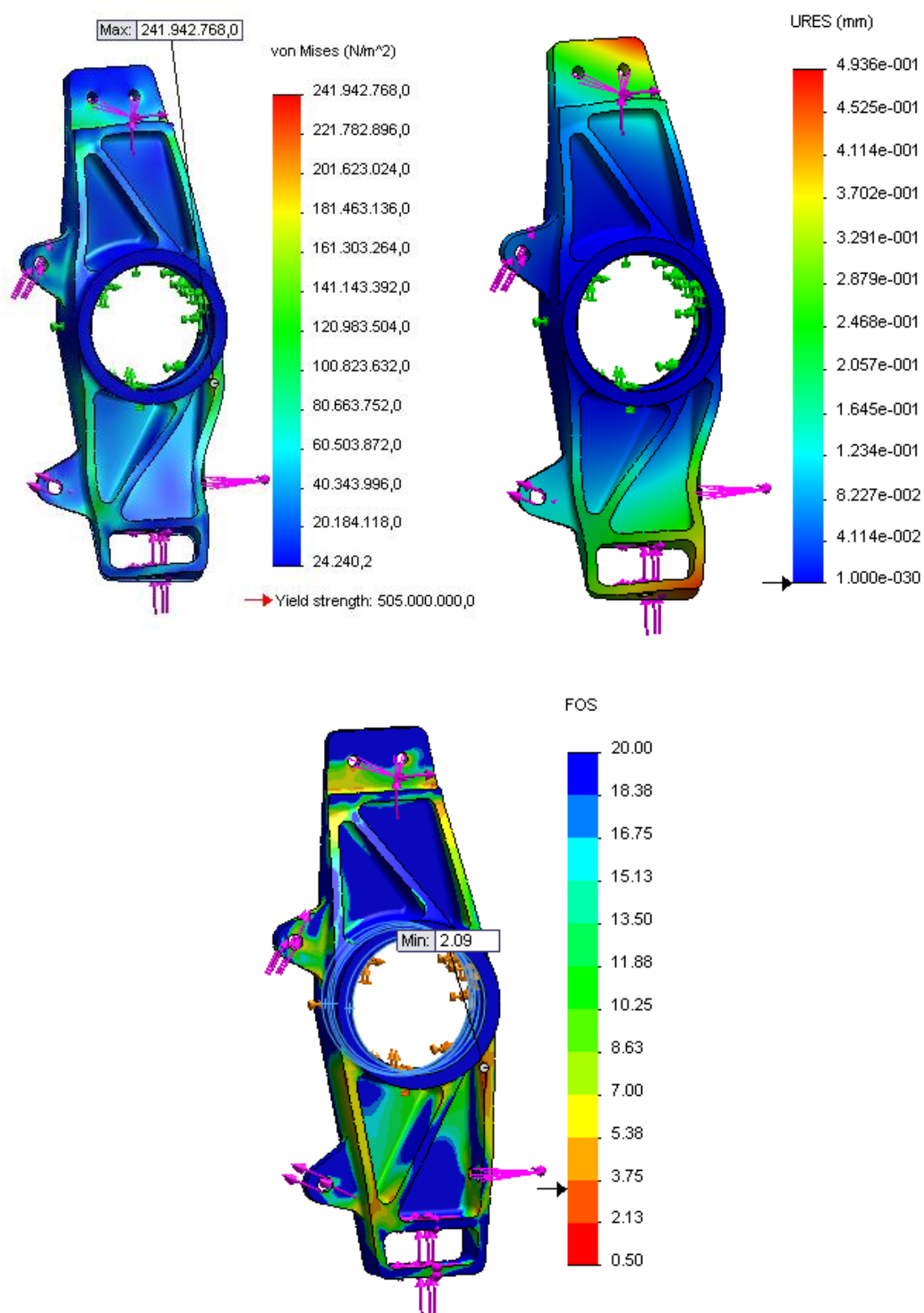


Figura 2.11 - Resultats visuals de la simulació A25

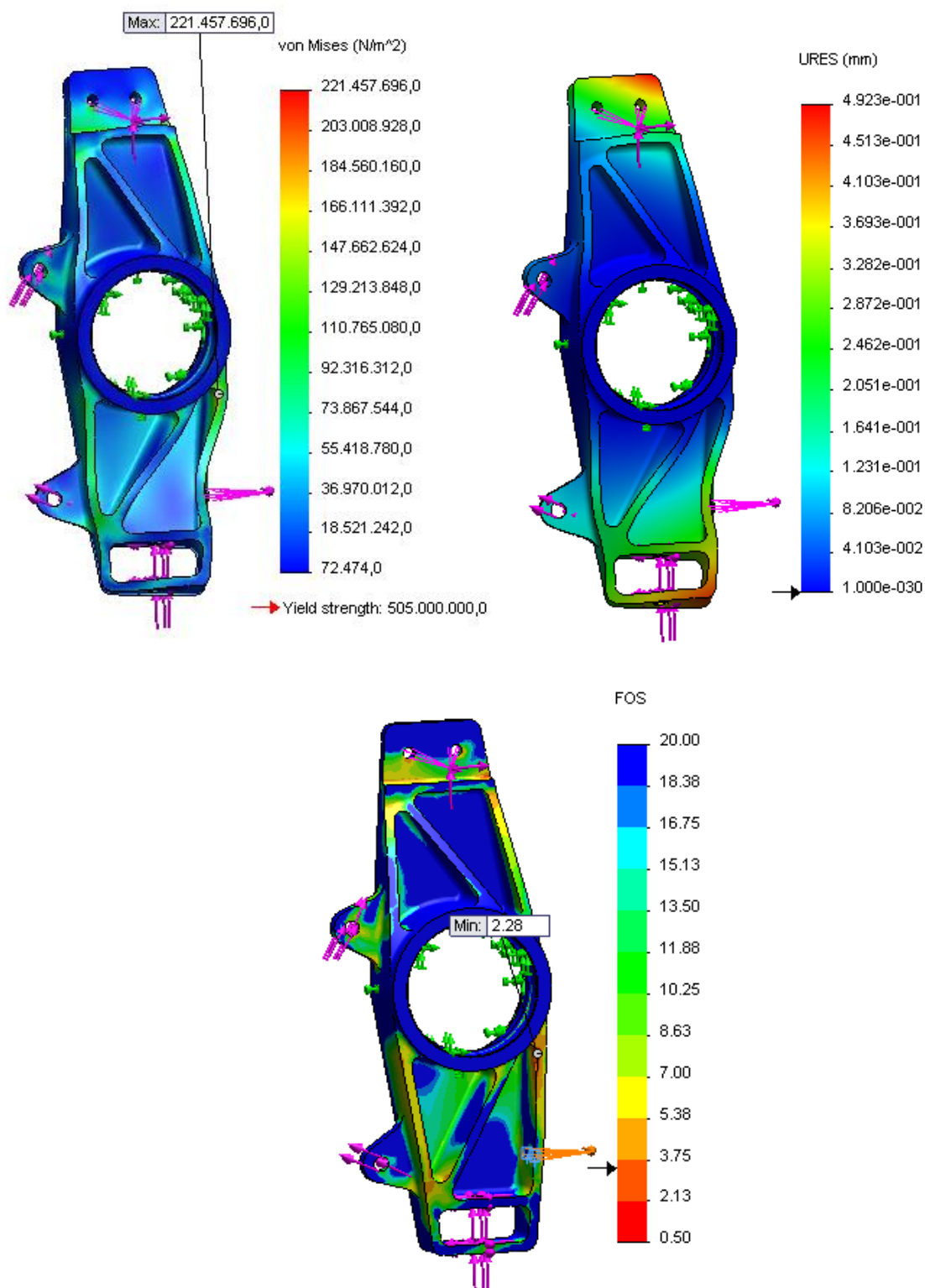


Figura 2.12 - Resultats visuals de la simulació A26

Simulació A3:

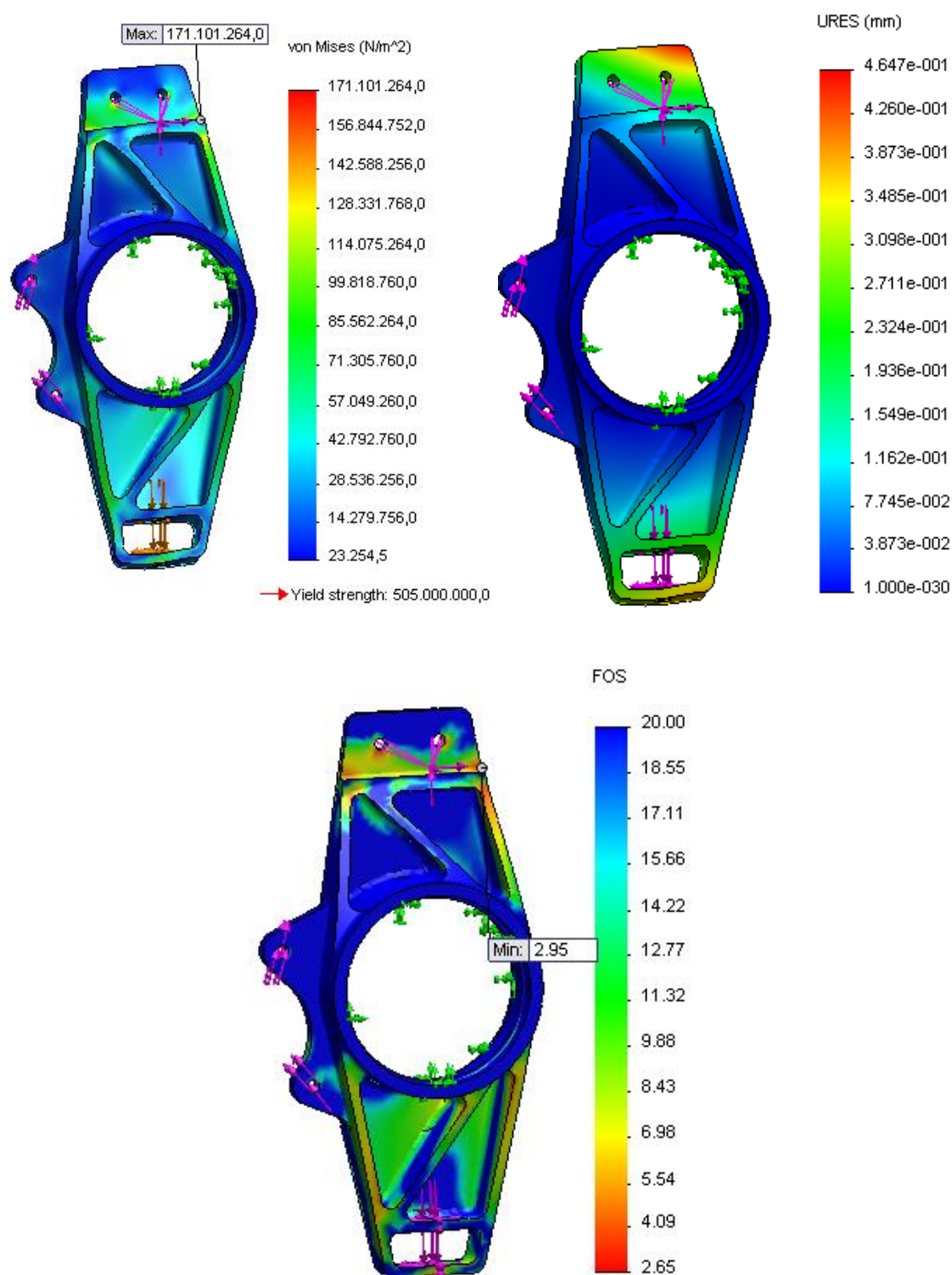


Figura 2.13 - Resultats visuals de la simulació A31

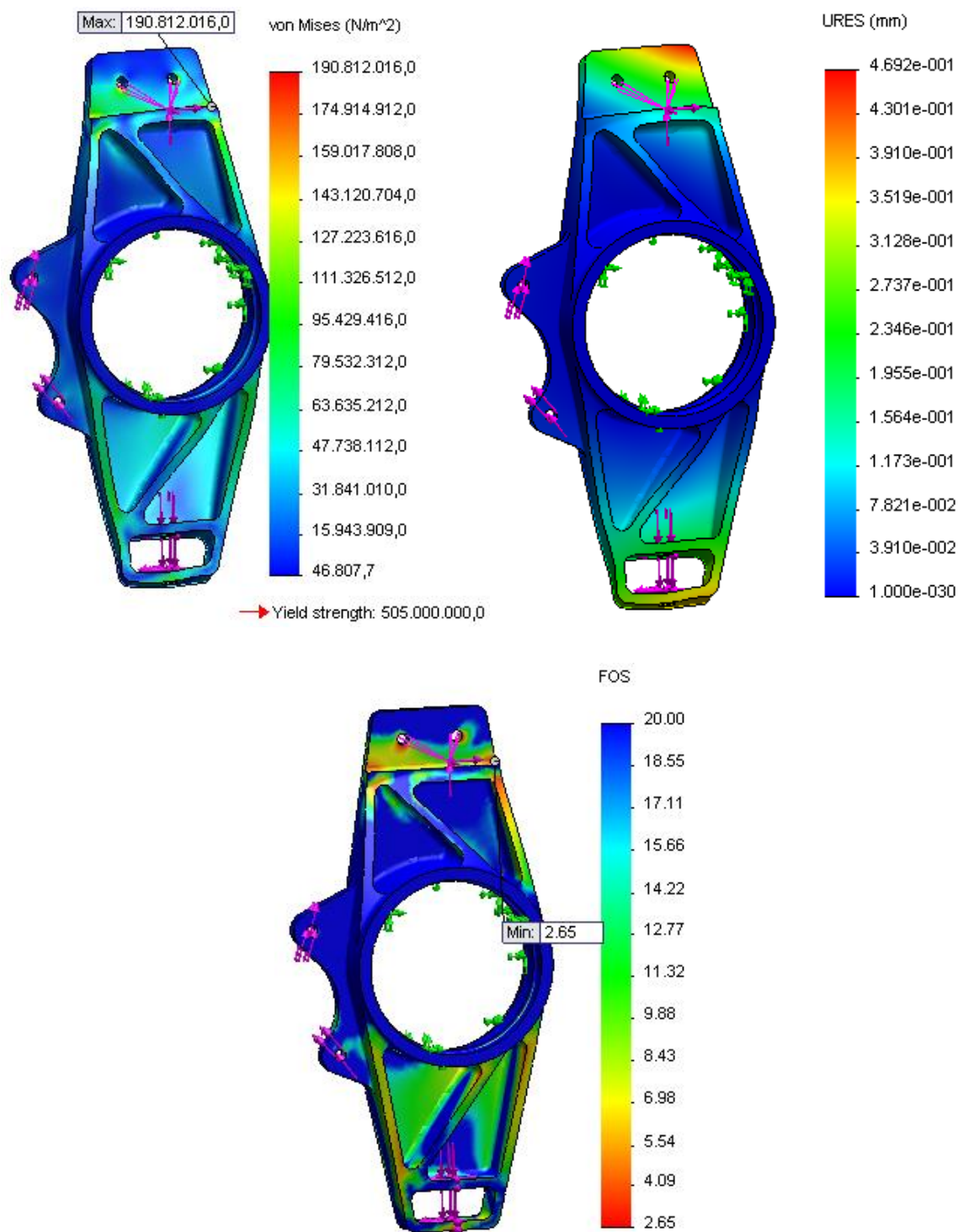


Figura 2.14 - Resultats visuals de la simulació A32

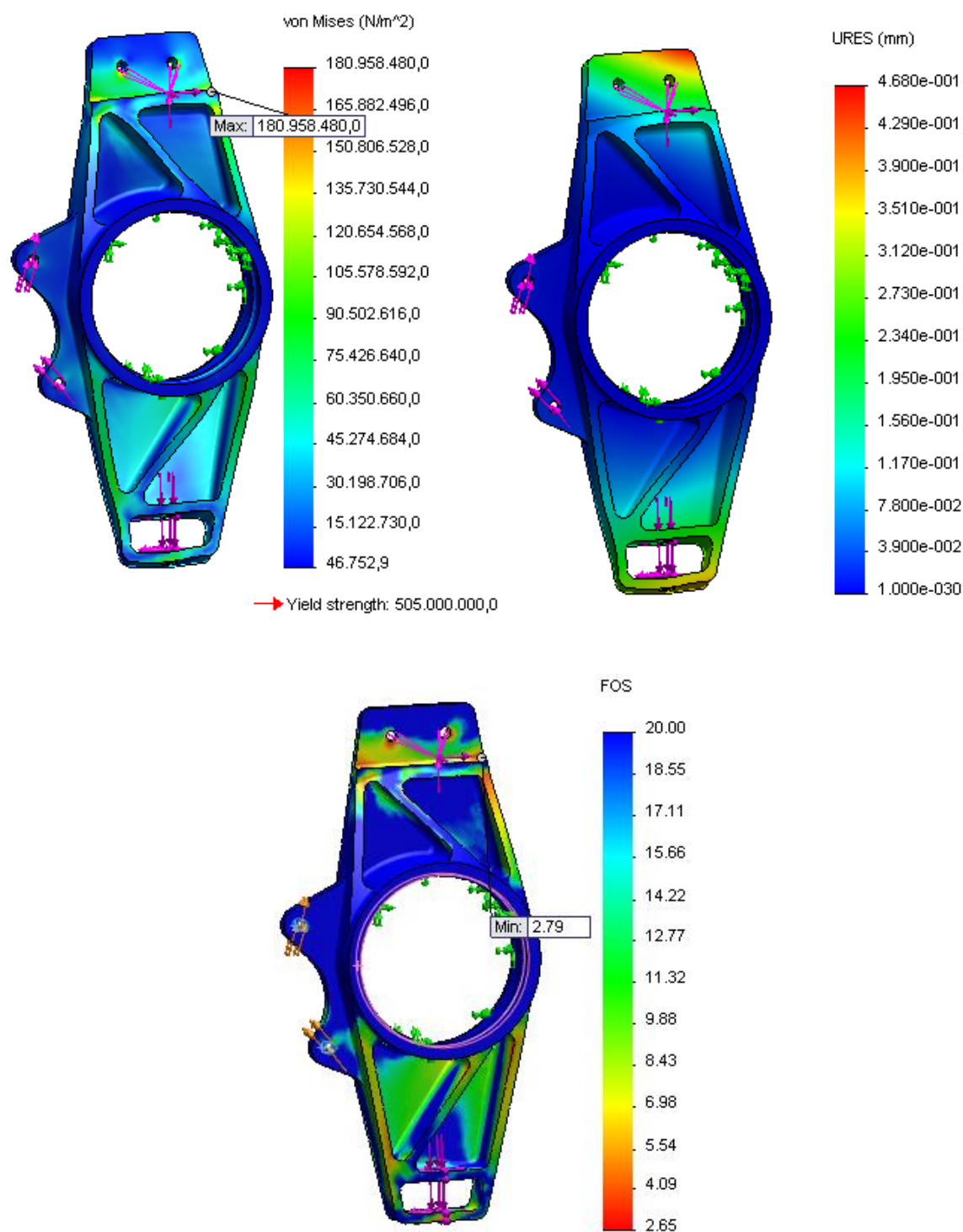


Figura 2.15 - Resultats visuals de la simulació A33

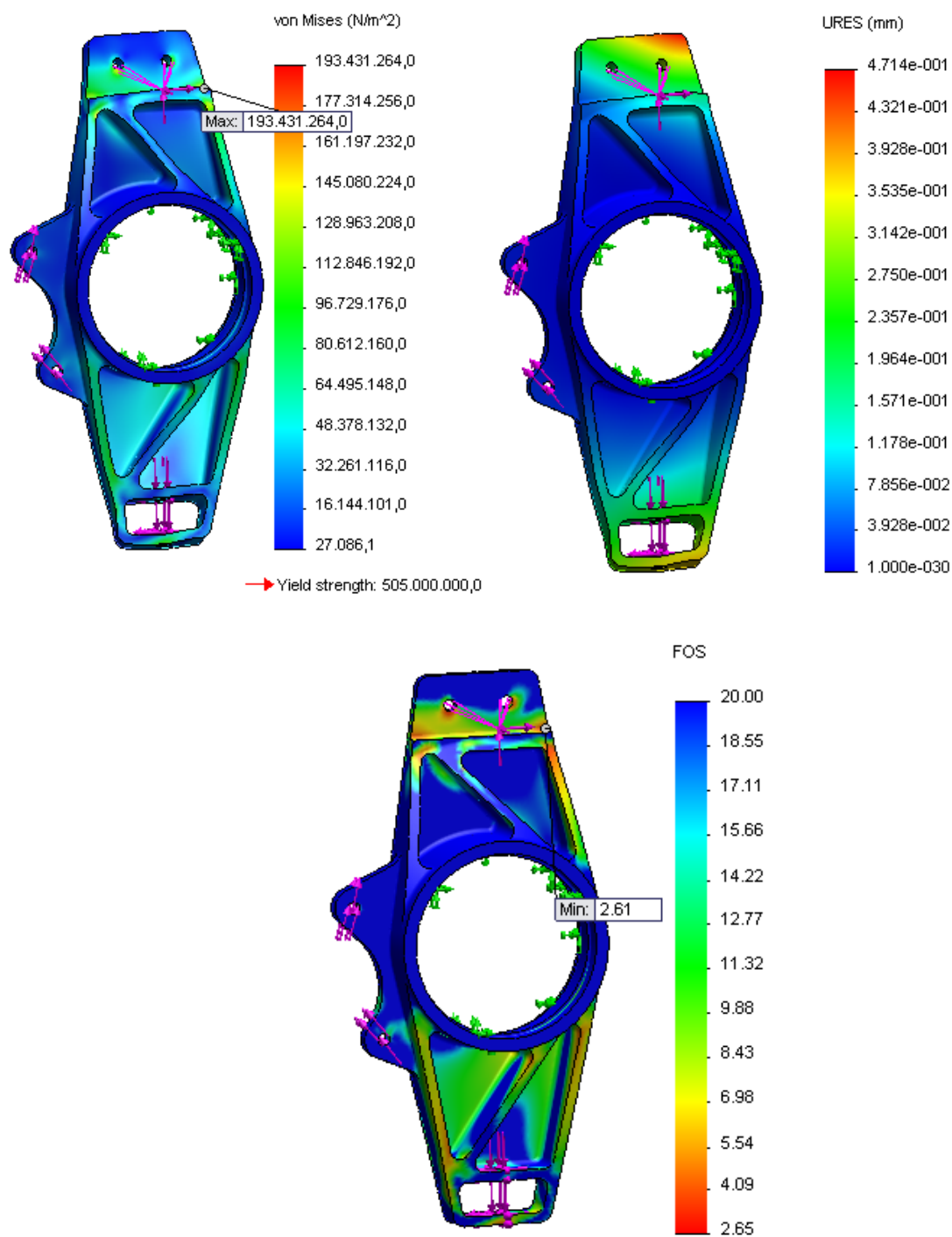


Figura 2.16 - Resultats visuals de la simulació A34

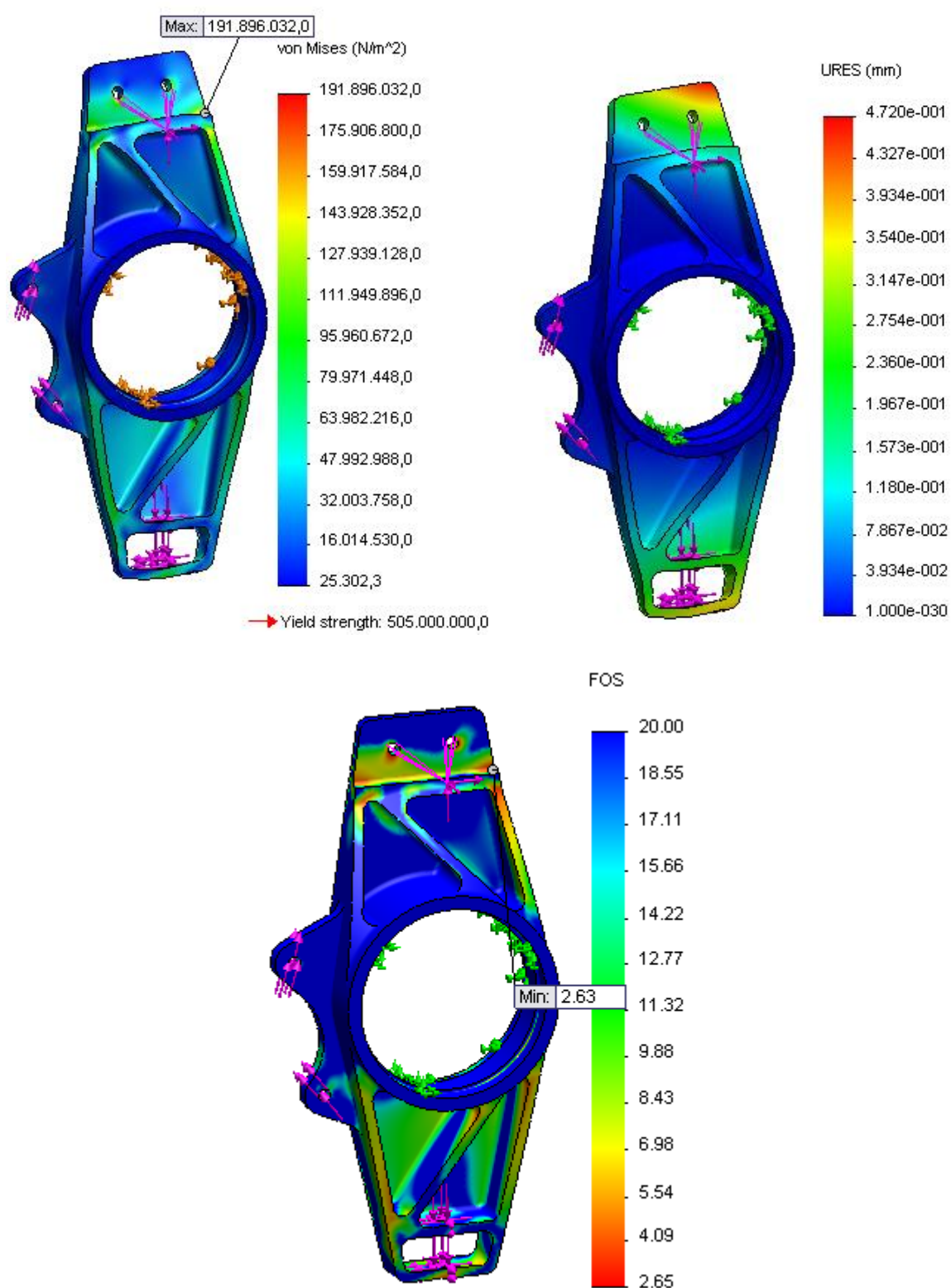


Figura 2.17 - Resultats visuals de la simulació A35

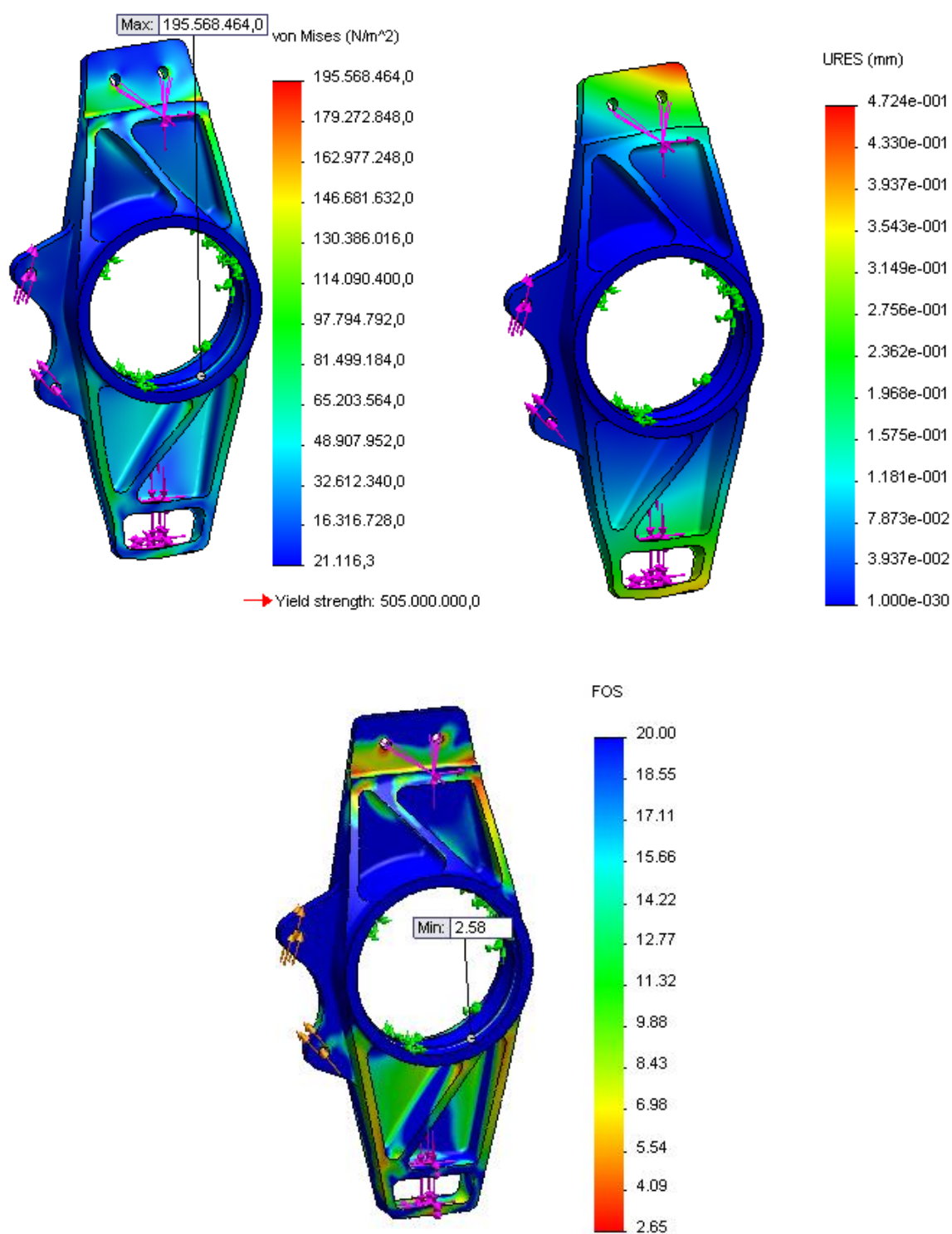


Figura 2.18 - Resultats visuals de la simulació A36

Simulació A4:

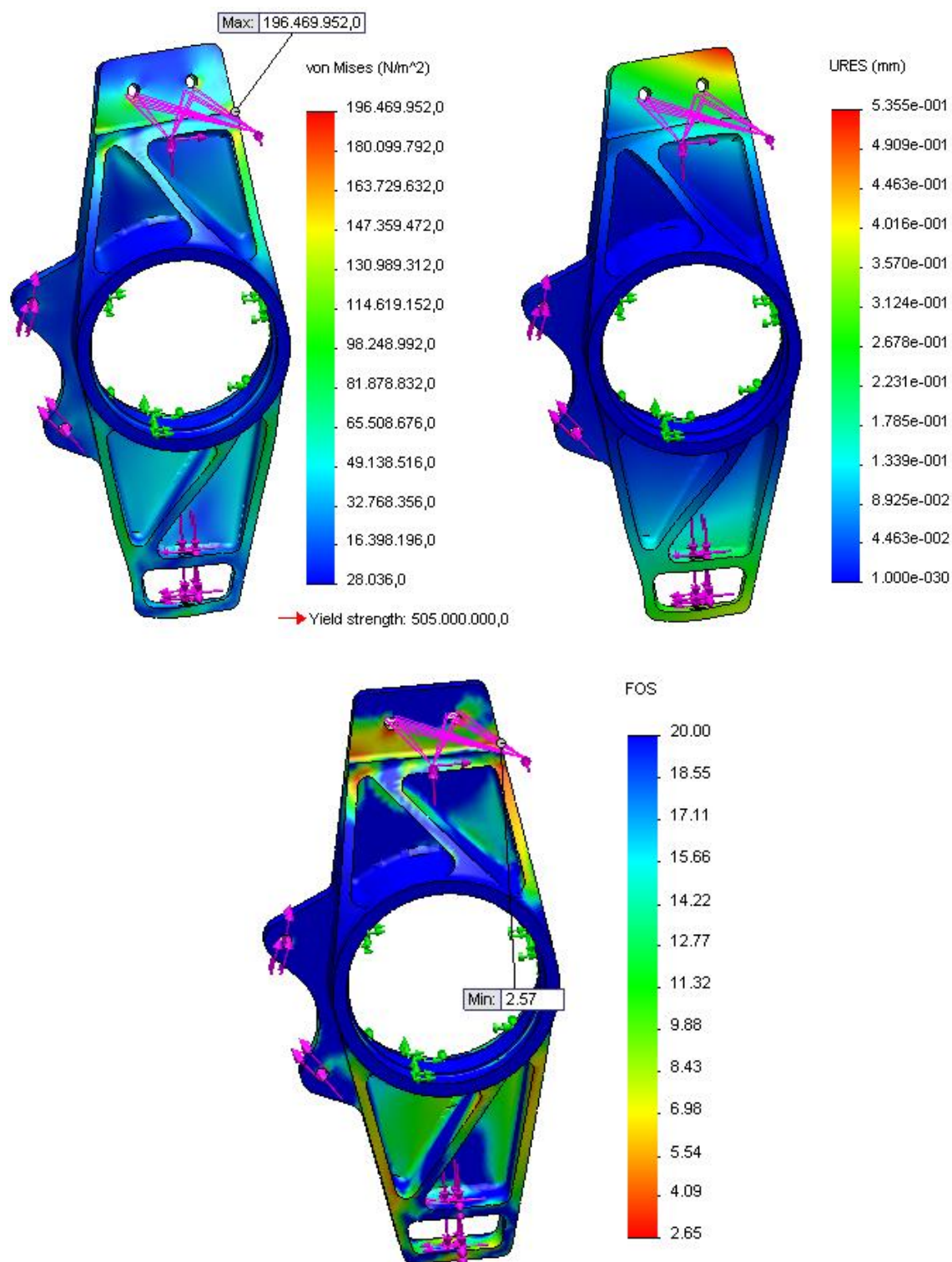


Figura 2.19 - Resultats visuals de la simulació A41

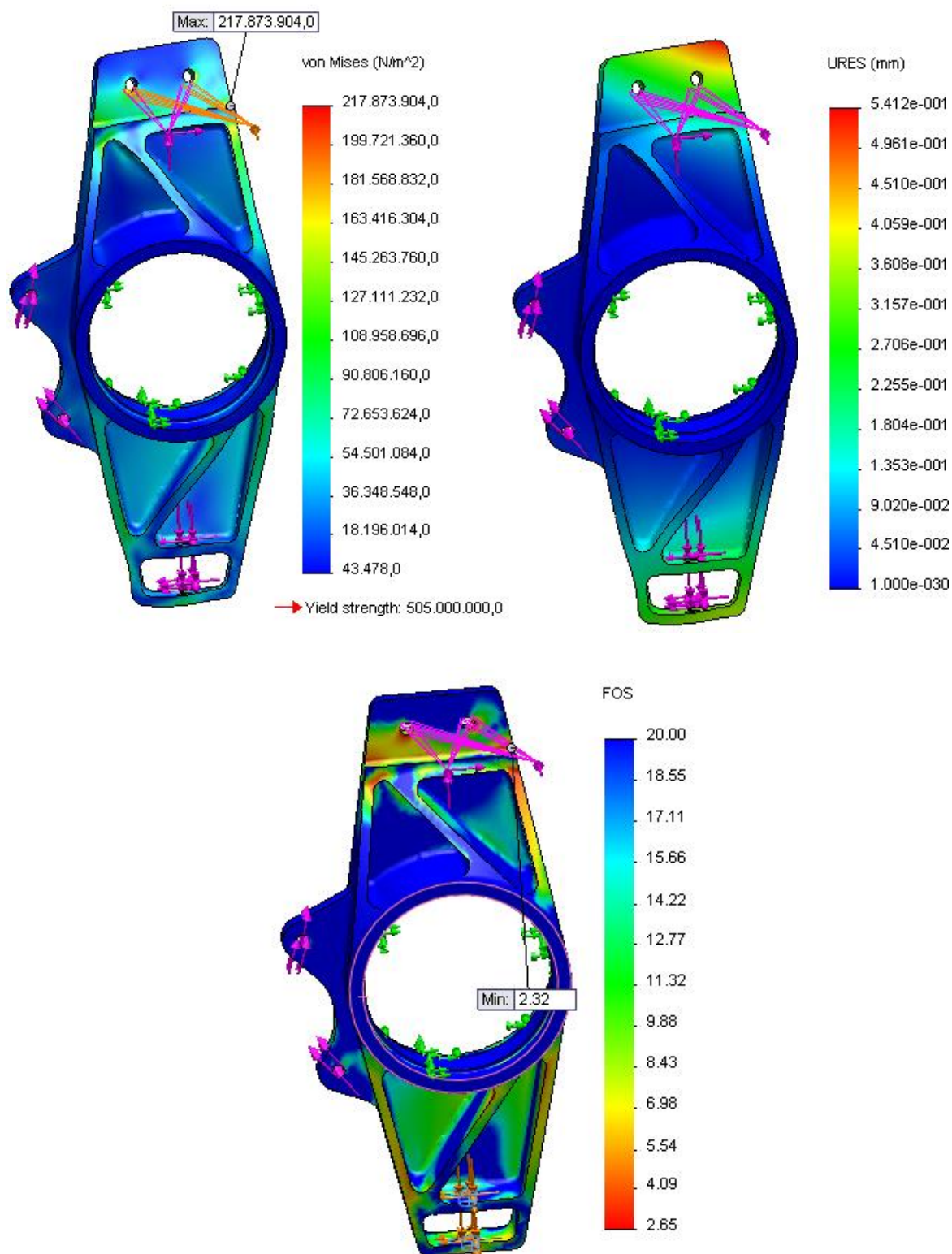


Figura 2.20 - Resultats visuals de la simulació A42

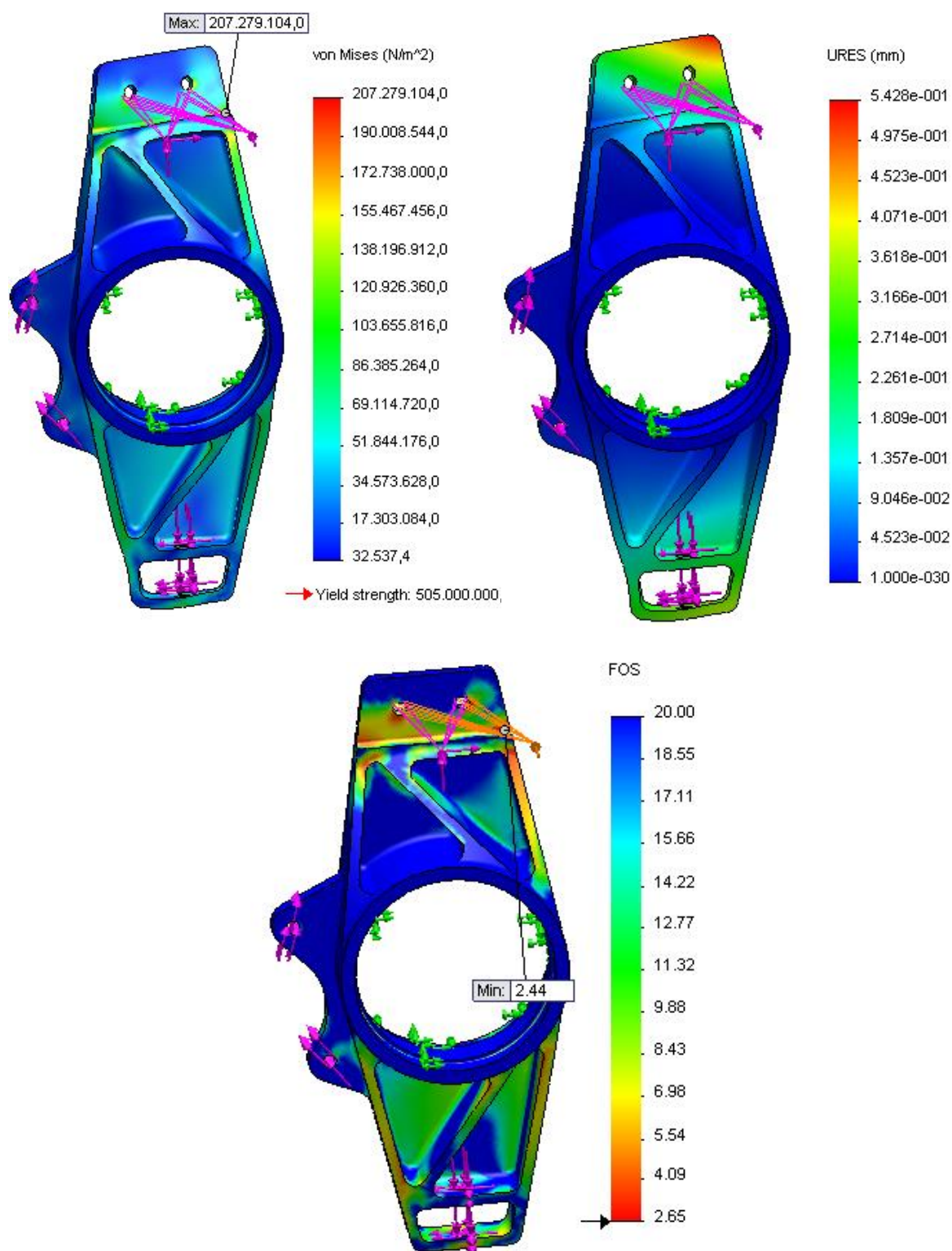


Figura 2.21 - Resultats visuals de la simulació A43

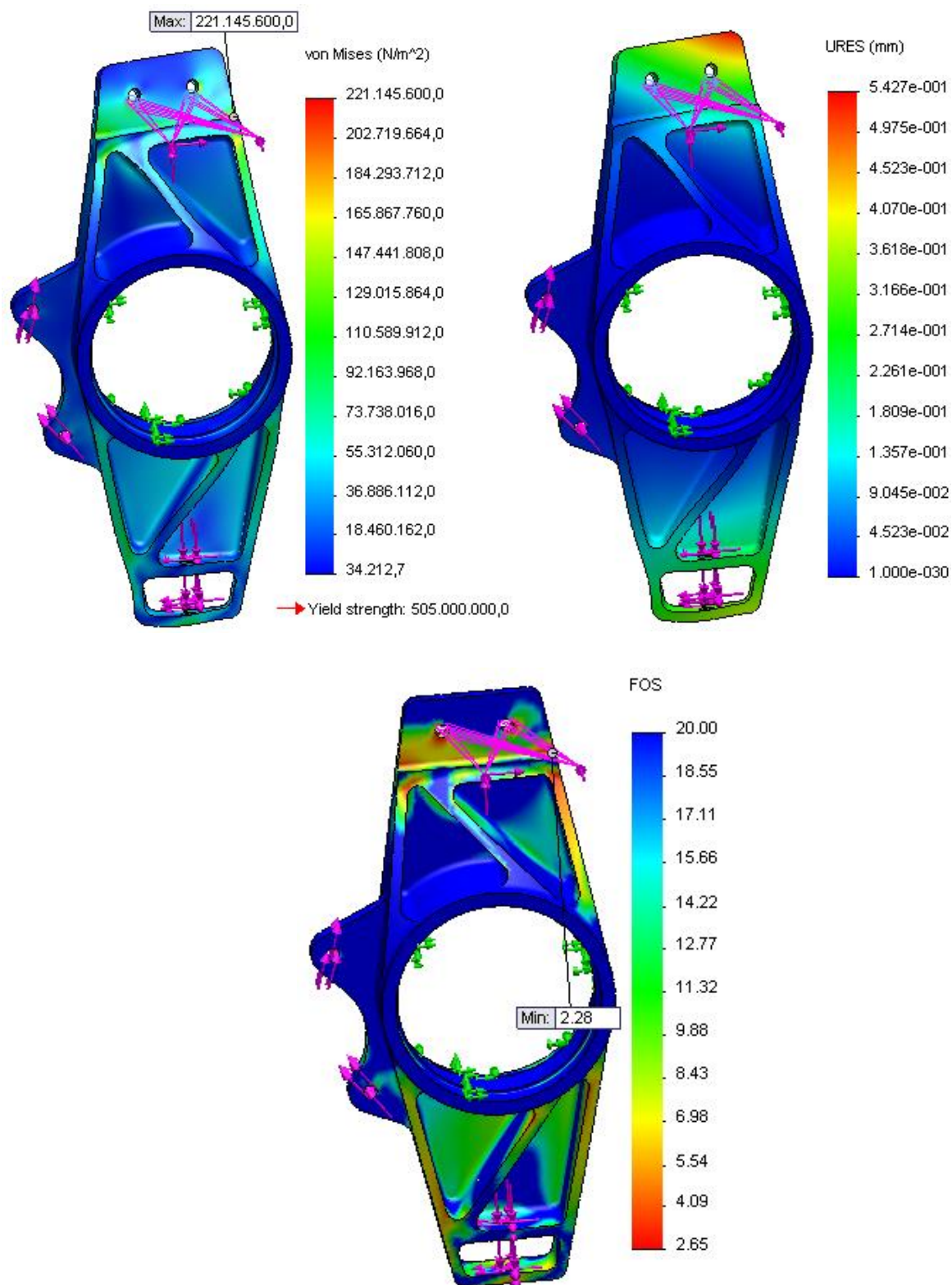


Figura 2.22 - Resultats visuals de la simulació A44

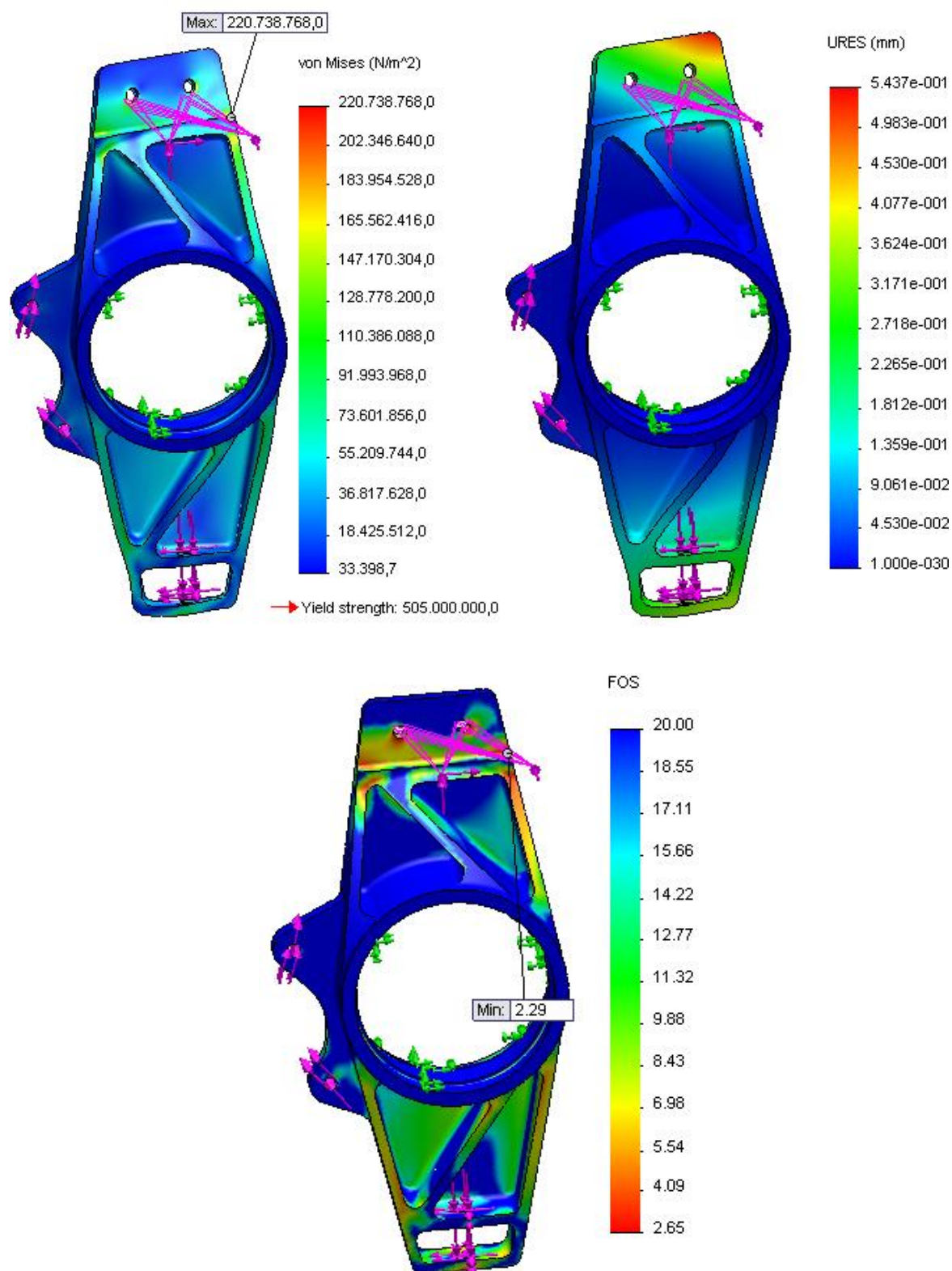


Figura 2.23 - Resultats visuals de la simulació A45

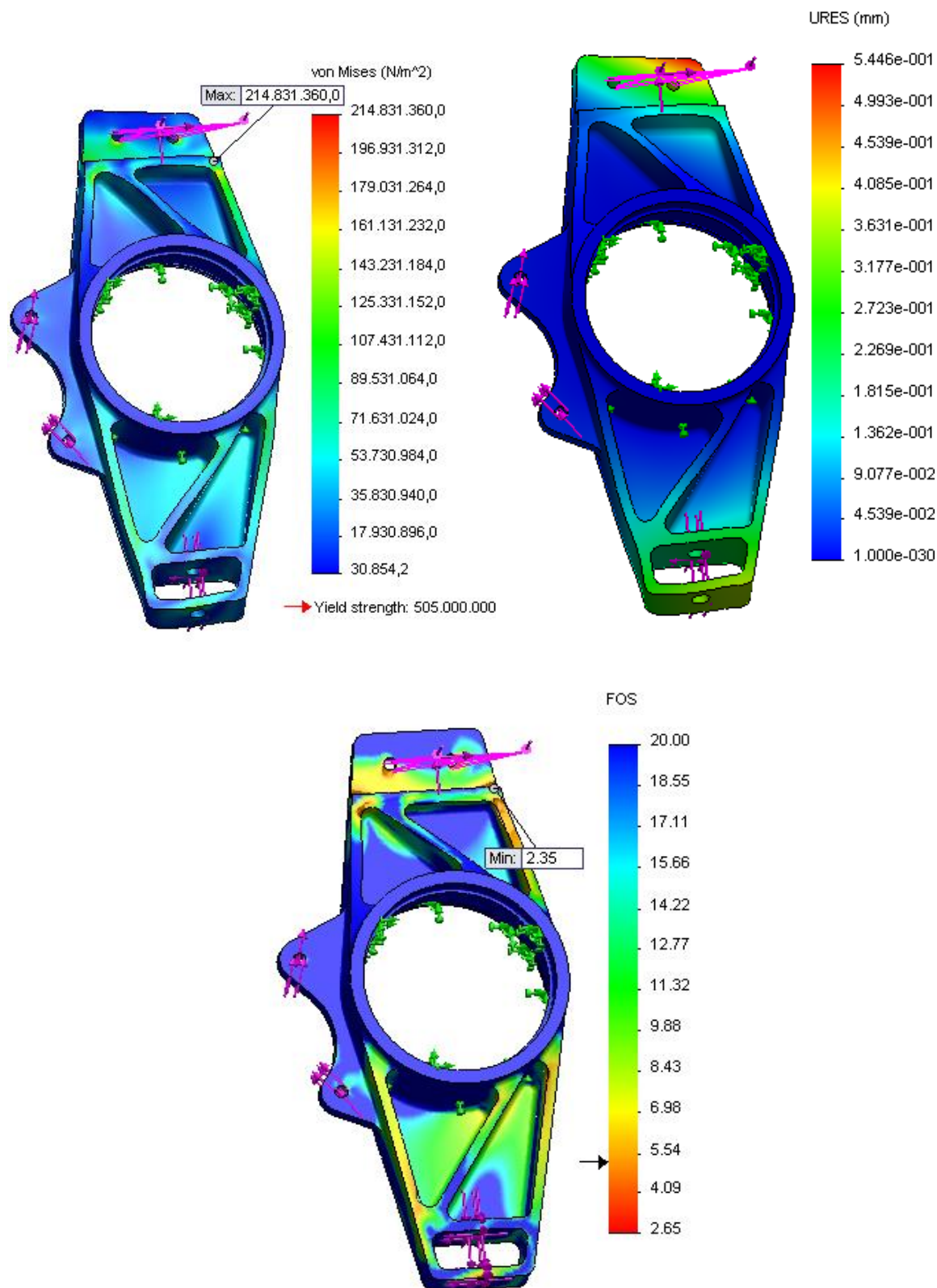


Figura 2.24 - Resultats visuals de la simulació A46

B2. Boixes

B2.1. Càrregues aplicades

Forces de frenada (N) – eix anterior			
Ubicació	F_x	F_y	F_z
Contacte pneumàtic-asfalt	-3005	-2426	-1345

Taula 2.7 - Forces de frenada aplicades a la caixa anterior

Forces de d'acceleració (N) – eix posterior			
Ubicació	F_x	F_y	F_z
Contacte pneumàtic-asfalt	-1452	-3203	-2711

Taula 2.8 - Forces de frenada aplicades a la caixa posterior

Parell de frenada - M_f (N·m)	
Anterior	788
Posterior	325

Taula 2.9 - Parells de frenada aplicat a les boixes

B2.2. Resultats numèrics

Boixa anterior			
Simulació	σ_{\max} (Mpa)	u (mm)	FS
B11	198,028	1,60E-01	2,55
B12	201,081	1,60E-01	2,51
B13	190,248	1,59E-01	2,65
B14	199,447	1,41E-01	2,53
B15	197,385	1,41E-01	2,56
B16	197,665	1,61E-01	2,55
B21	196,405	1,40E-01	2,57
B22	203,161	1,41E-01	2,49
B23	198,313	1,41E-01	2,55
B24	199,447	1,41E-01	2,53
B25	197,385	1,41E-01	2,56
B26	200,549	1,41E-01	2,52

Taula 2.10 - Resultats numèrics de les simulacions de la caixa anterior

Boixa posterior			
Simulació	σ_{\max} (Mpa)	u (mm)	FS
B31	130,007	1,32E-01	3,88
B32	165,515	1,32E-01	3,05
B33	145,602	1,31E-01	3,46
B34	134,583	1,33E-01	3,75
B35	146,252	1,33E-01	3,45
B36	190,889	1,33E-01	2,65
B41	170,772	1,40E-01	2,96
B42	193,772	1,41E-01	2,61
B43	210,679	1,40E-01	2,40
B44	218,174	1,43E-01	2,31
B45	219,83	1,43E-01	2,30
B46	224,163	1,42E-01	2,25

Taula 2.11 - Resultats numèrics de les simulacions de la caixa posterior

B2.3. Resultats visuals

Simulació B1:

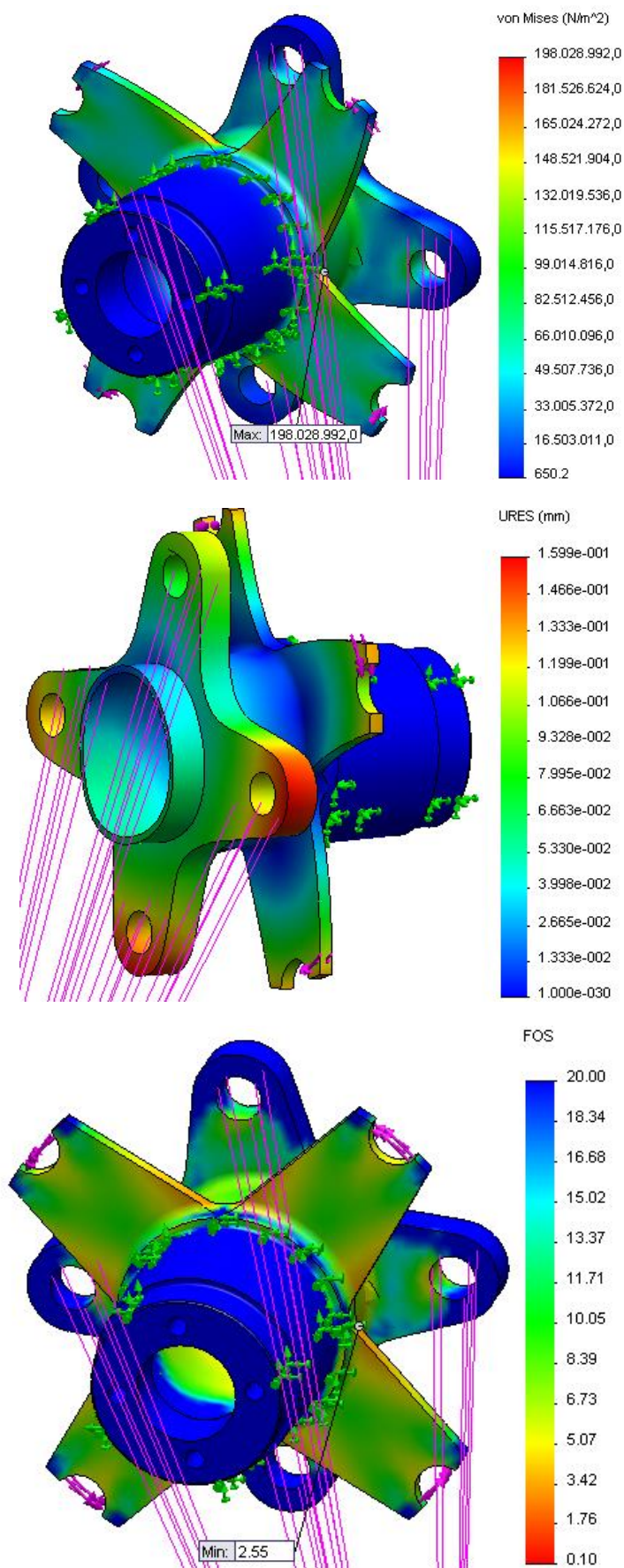


Figura 2.25 – Resultats visuals de la simulació B11

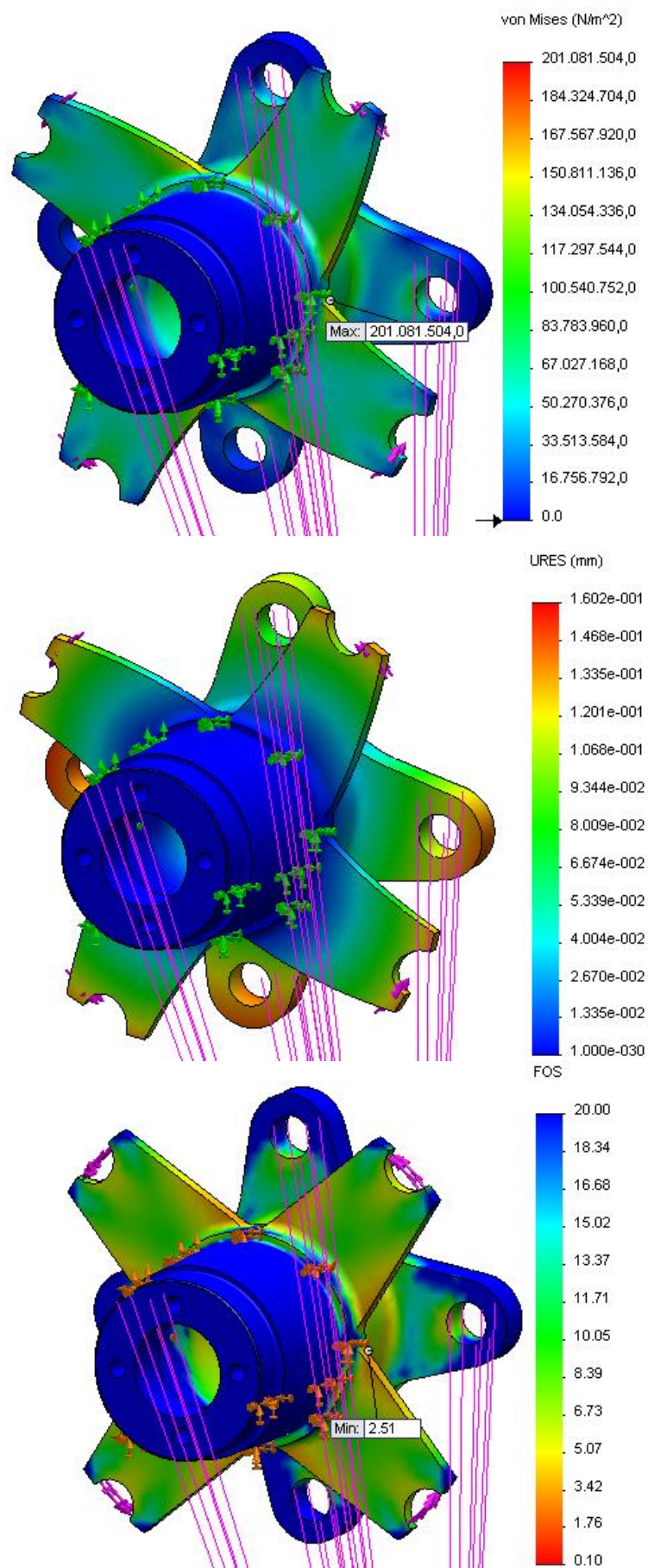


Figura 2.26 - Resultats visuals de la simulació B12

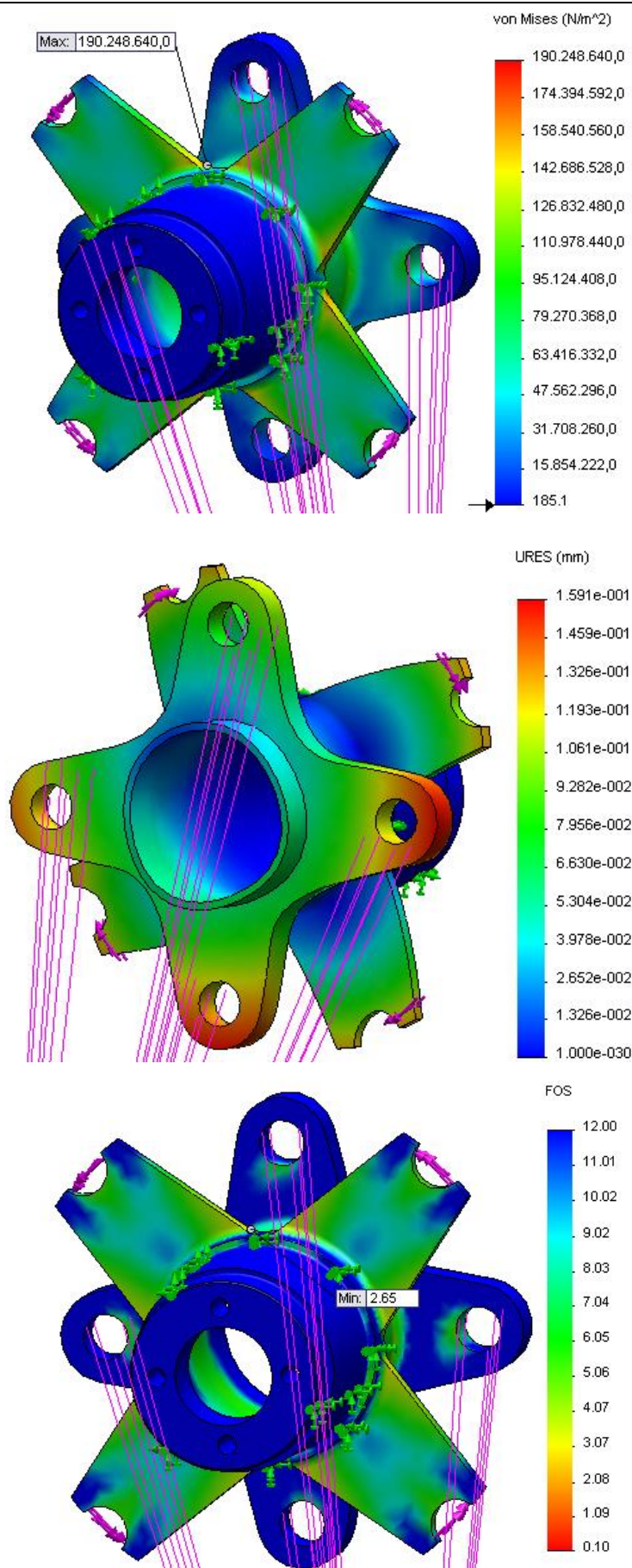


Figura 2.27 - Resultats visuals de la simulació B13

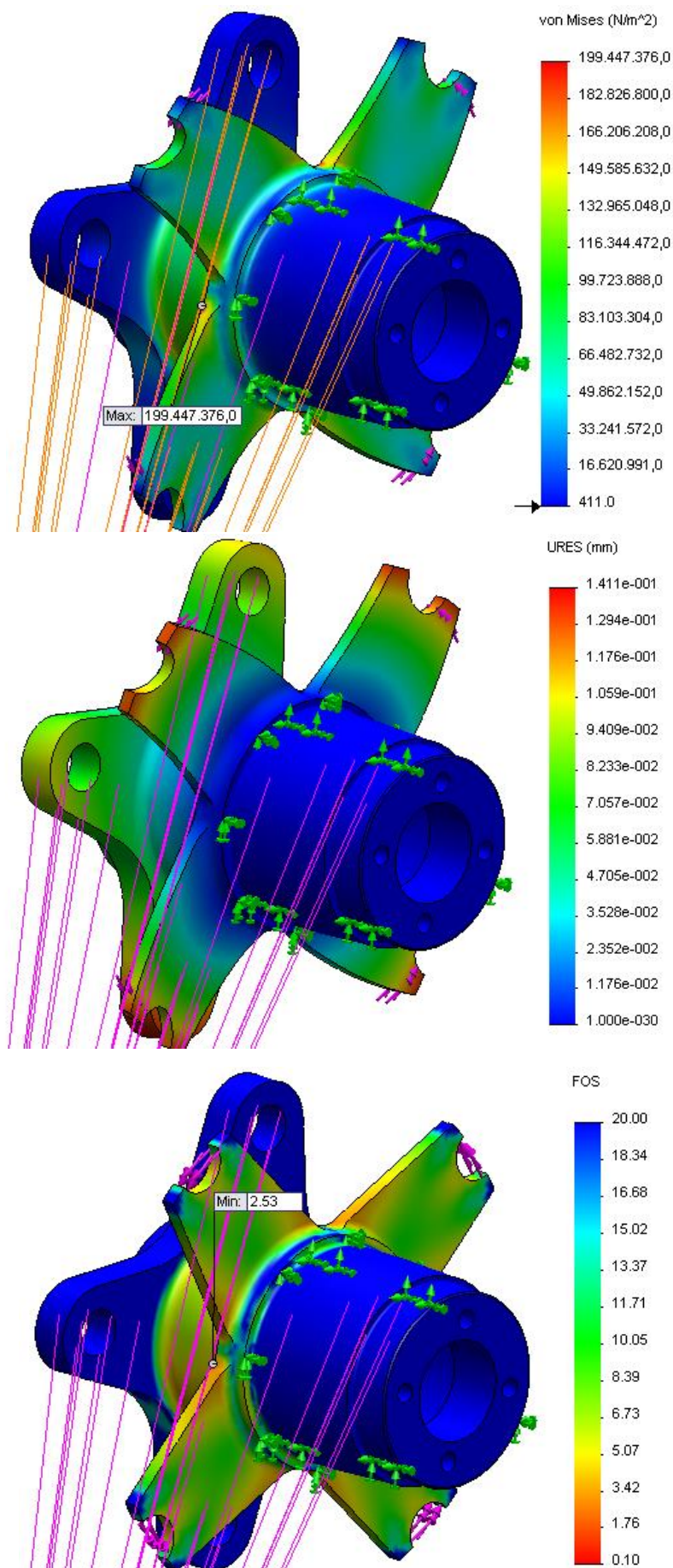


Figura 2.28 - Resultats visuals de la simulació B14

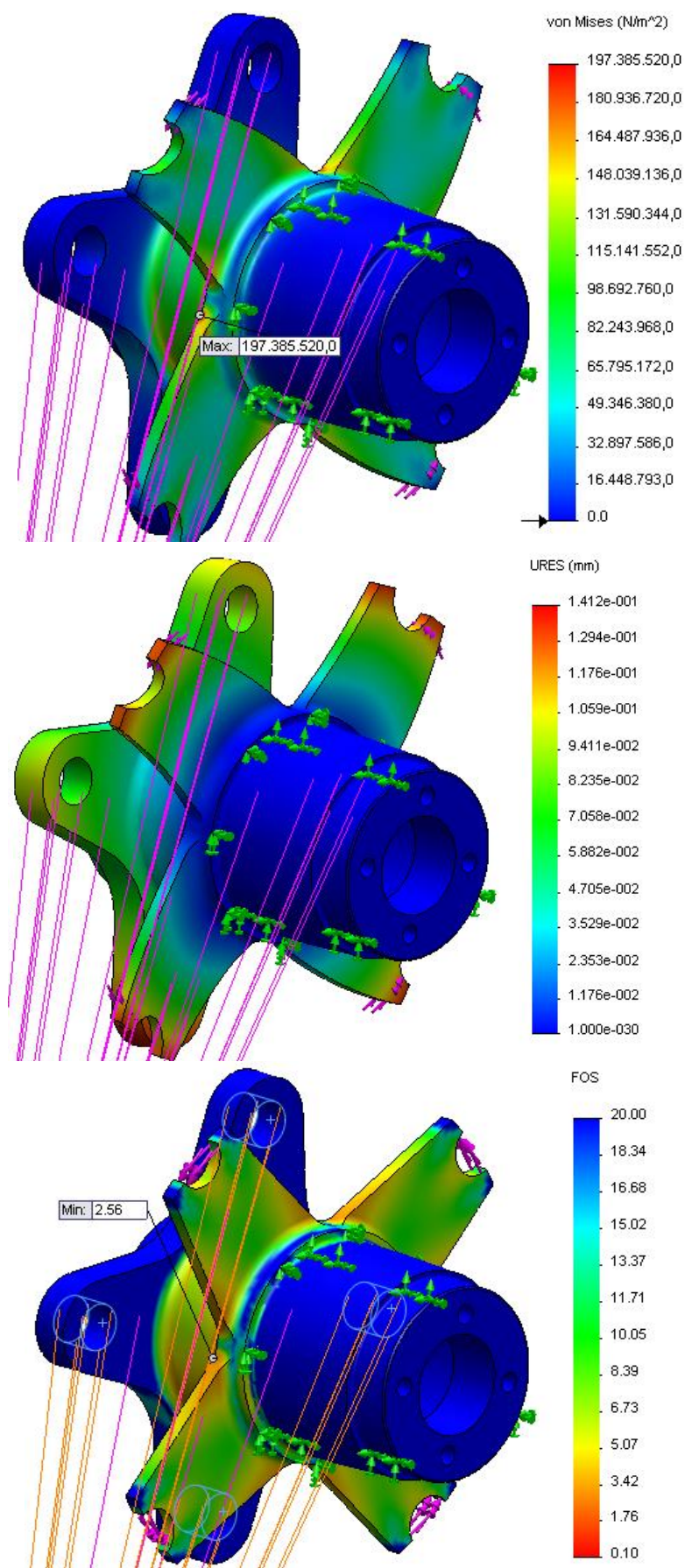


Figura 2.29 - Resultats visuals de la simulació B15

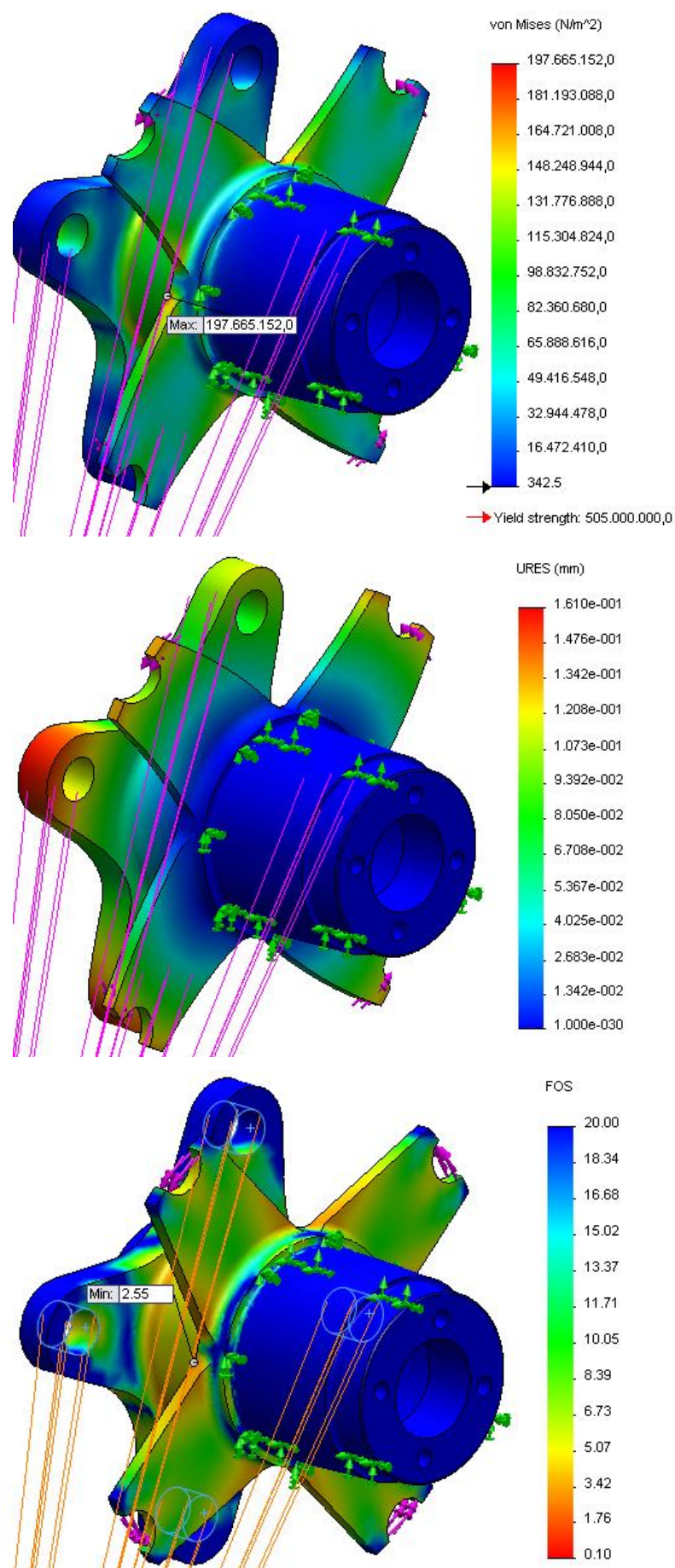


Figura 2.30 - Resultats visuals de la simulació B16

Simulació B2:

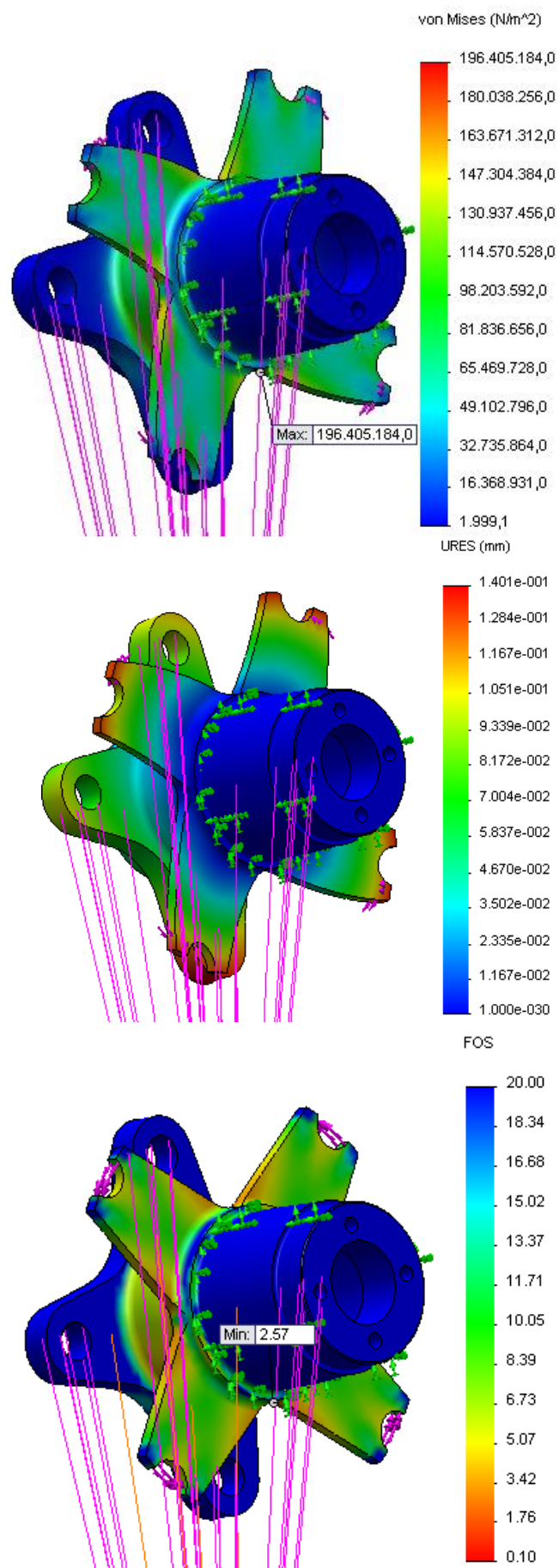


Figura 2.31 - Resultats visuals de la simulació B21

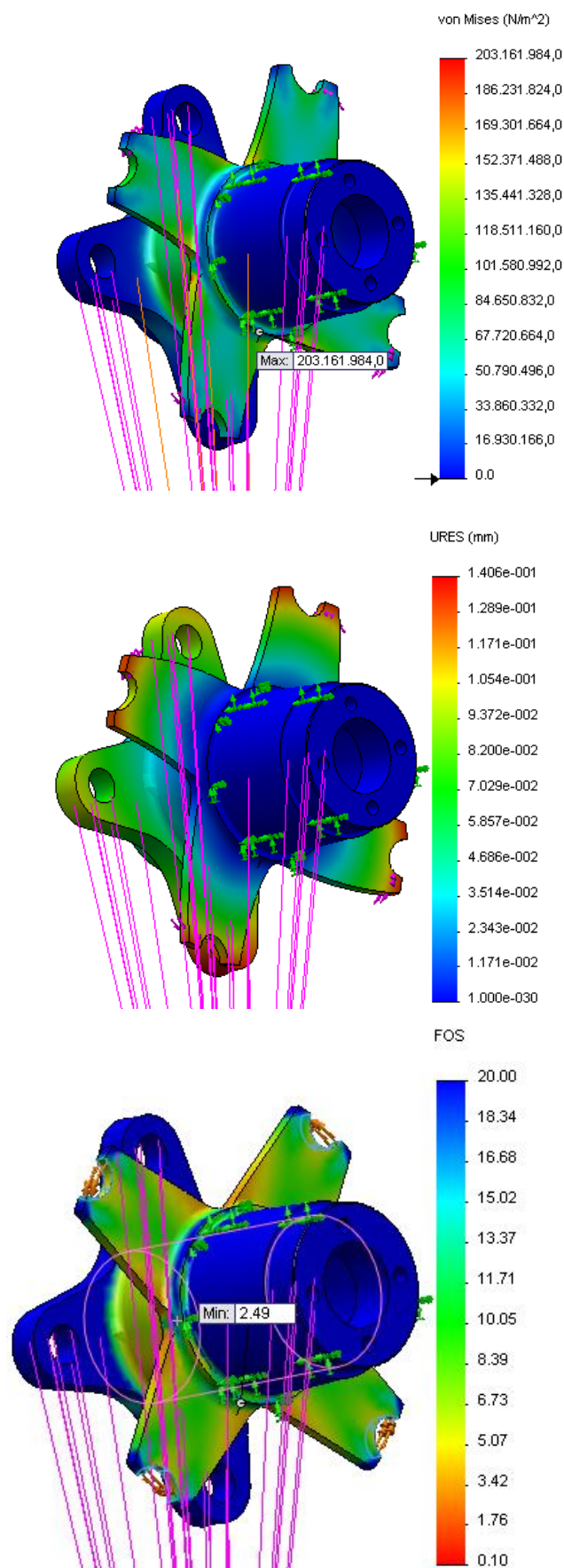


Figura 2.32 - Resultats visuals de la simulació B22

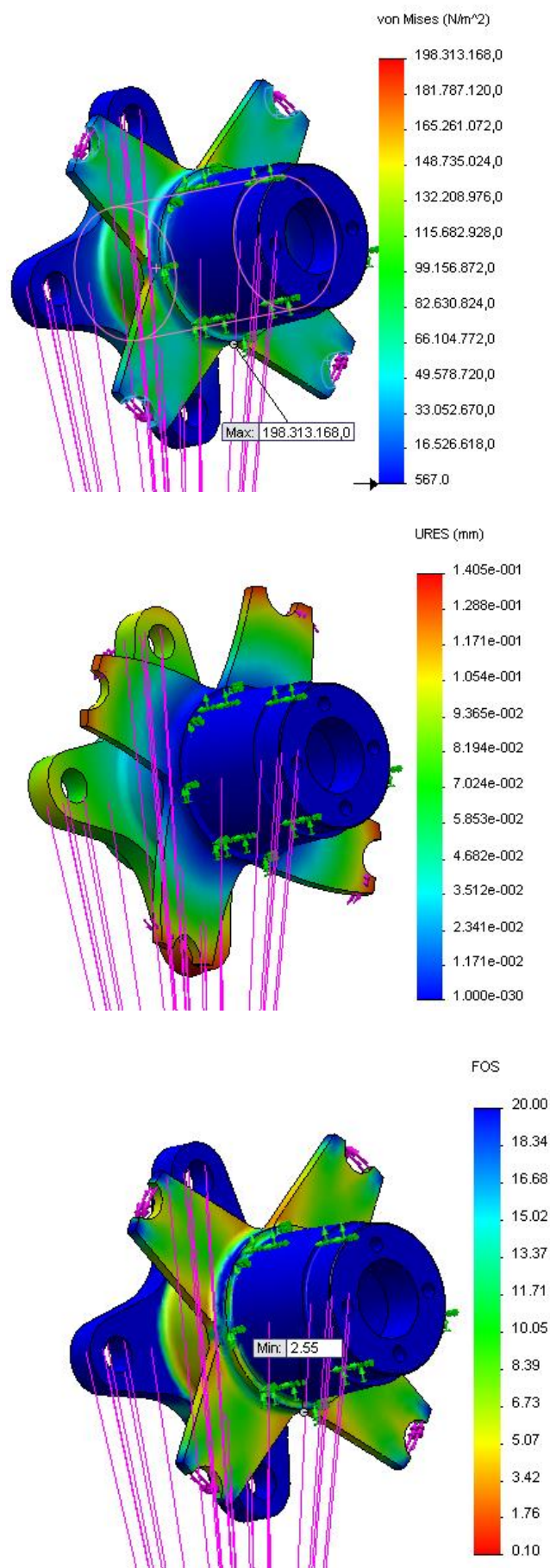


Figura 2.33 - Resultats visuals de la simulació B23

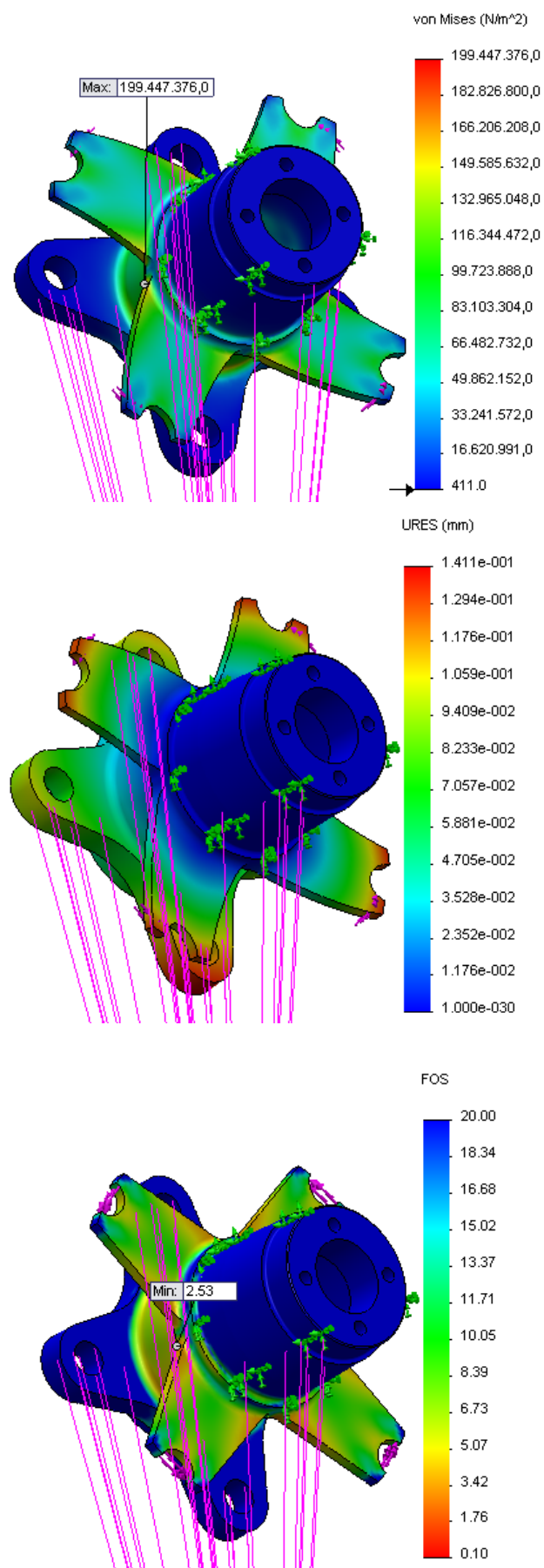


Figura 2.34 - Resultats visuals de la simulació B24

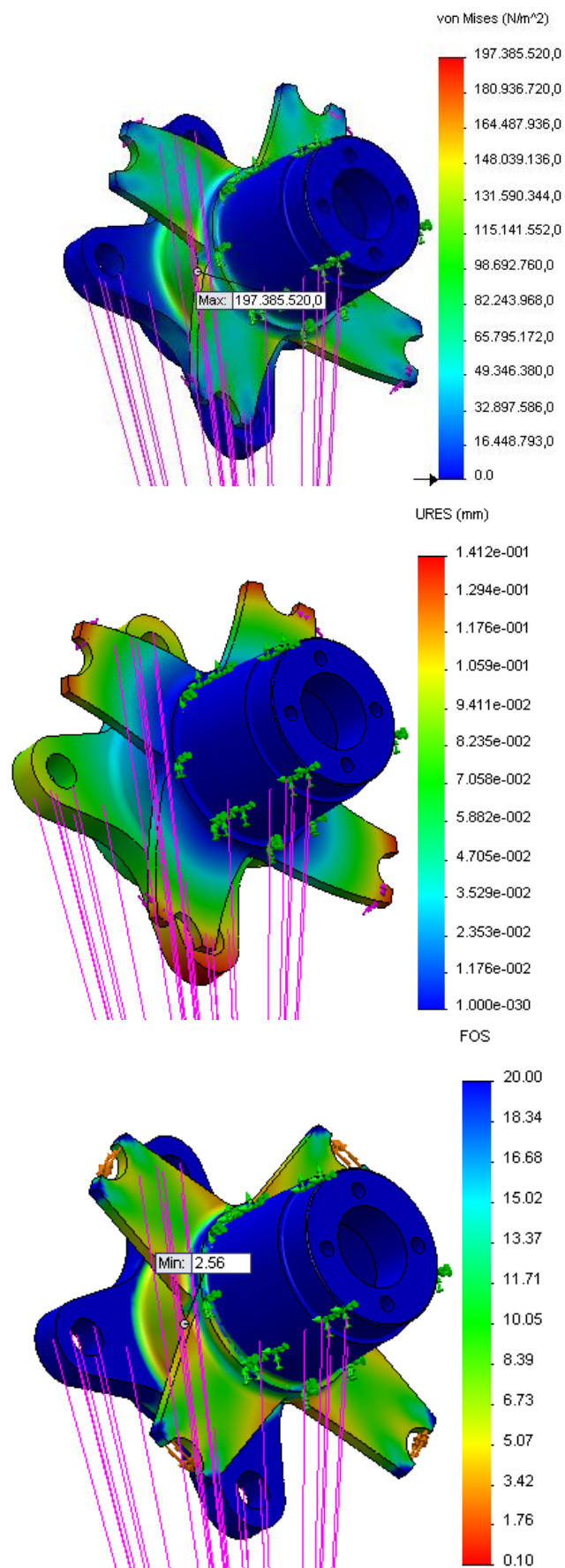


Figura 2.35 - Resultats visuals de la simulació B25

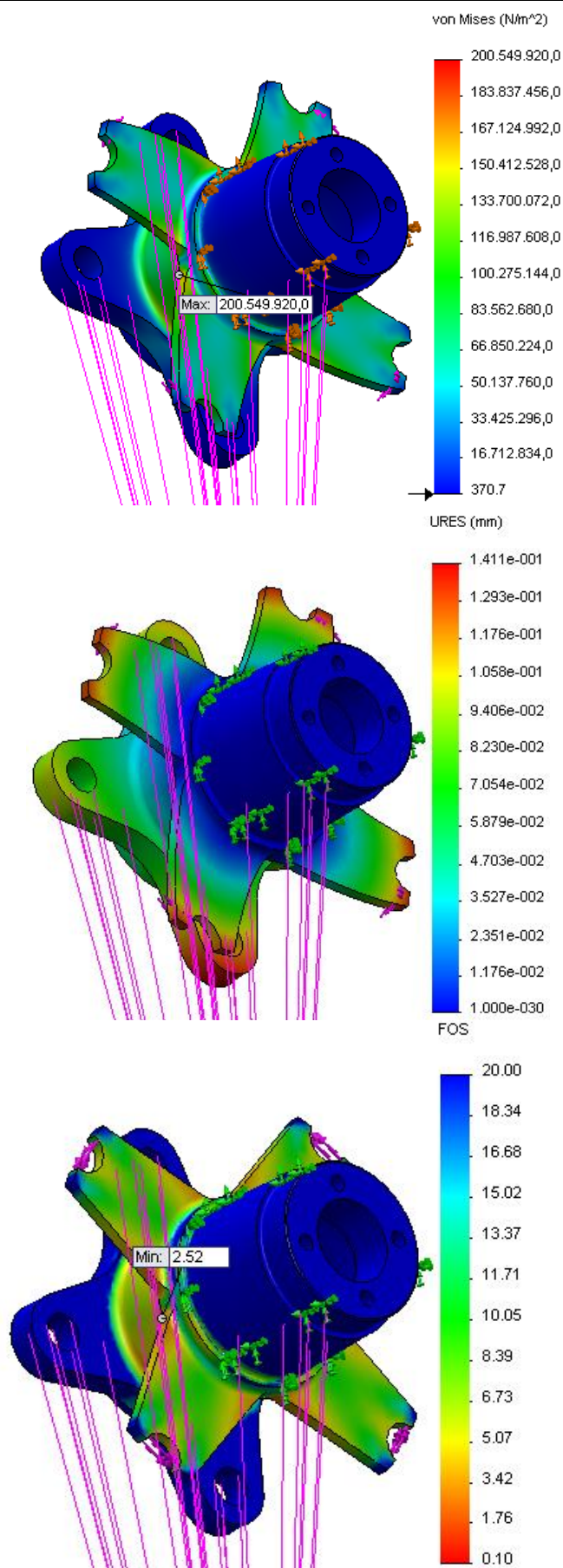


Figura 2.36 - Resultats visuals de la simulació B26

Simulació B3:

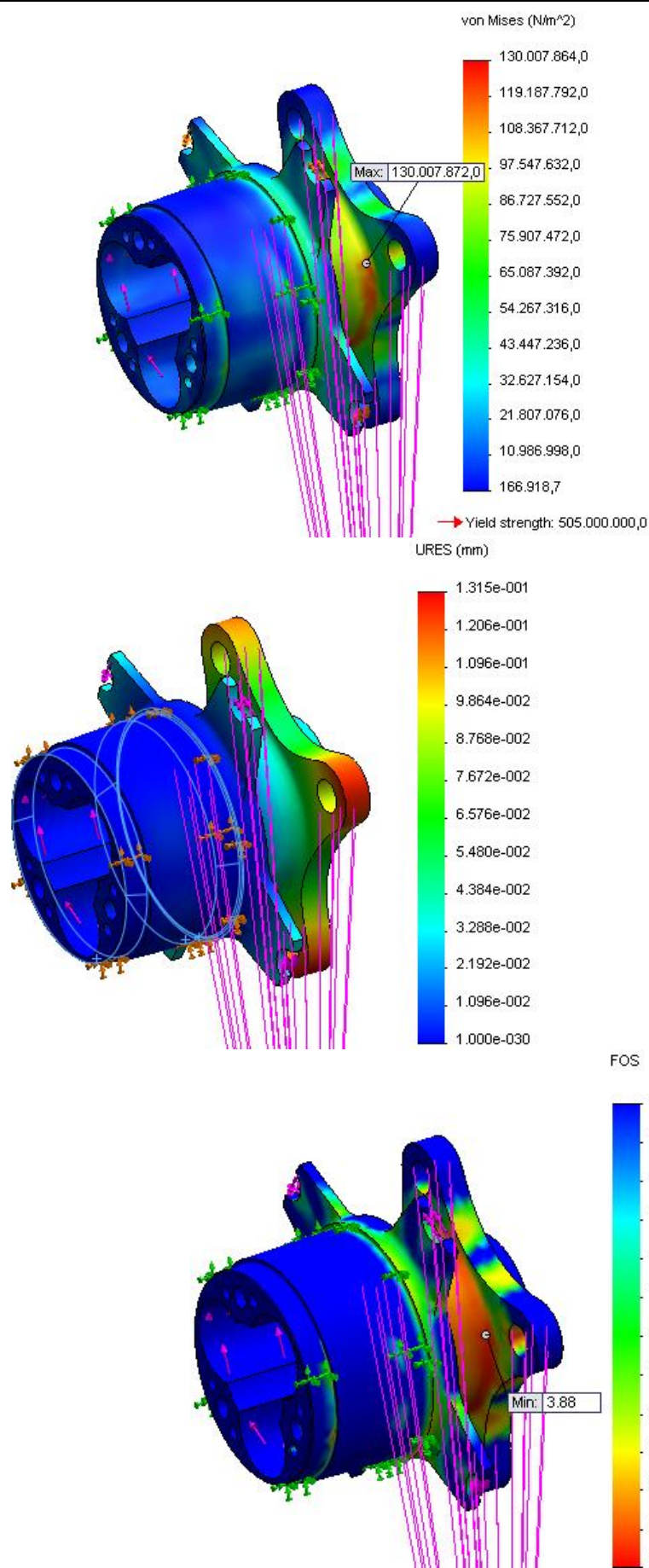


Figura 2.37 - Resultats visuals de la simulació B31

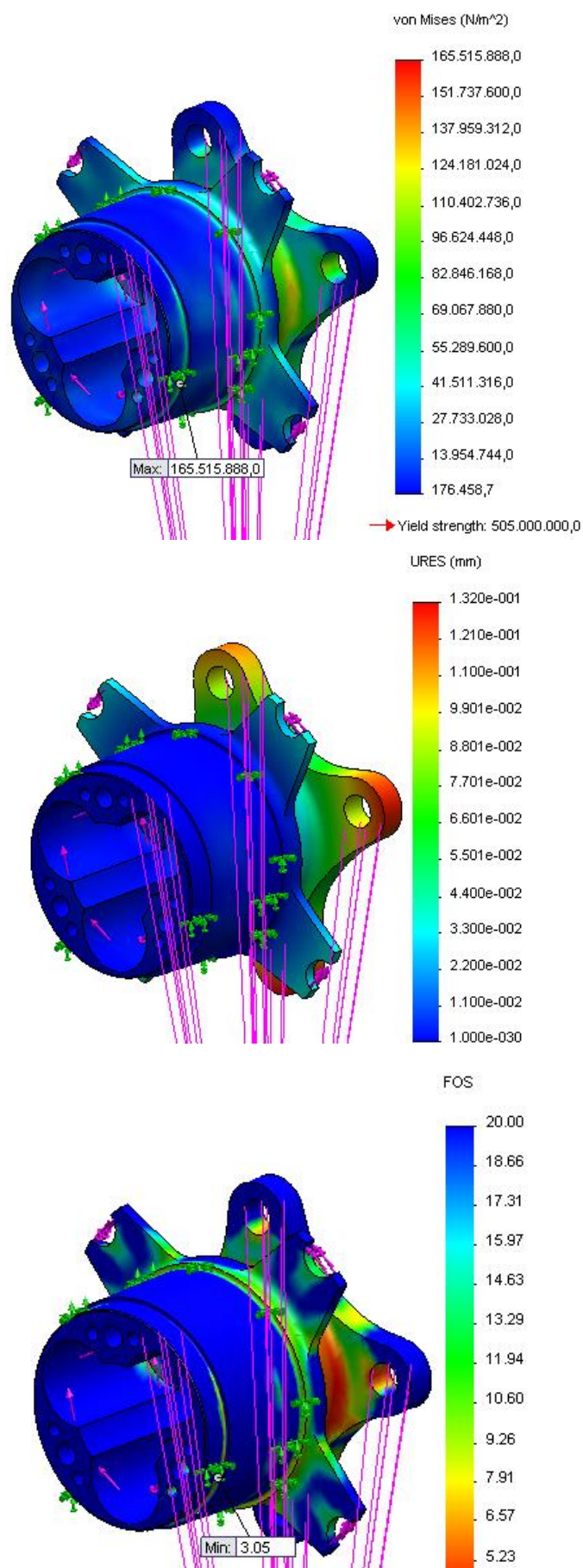


Figura 2.38 - Resultats visuals de la simulació B32

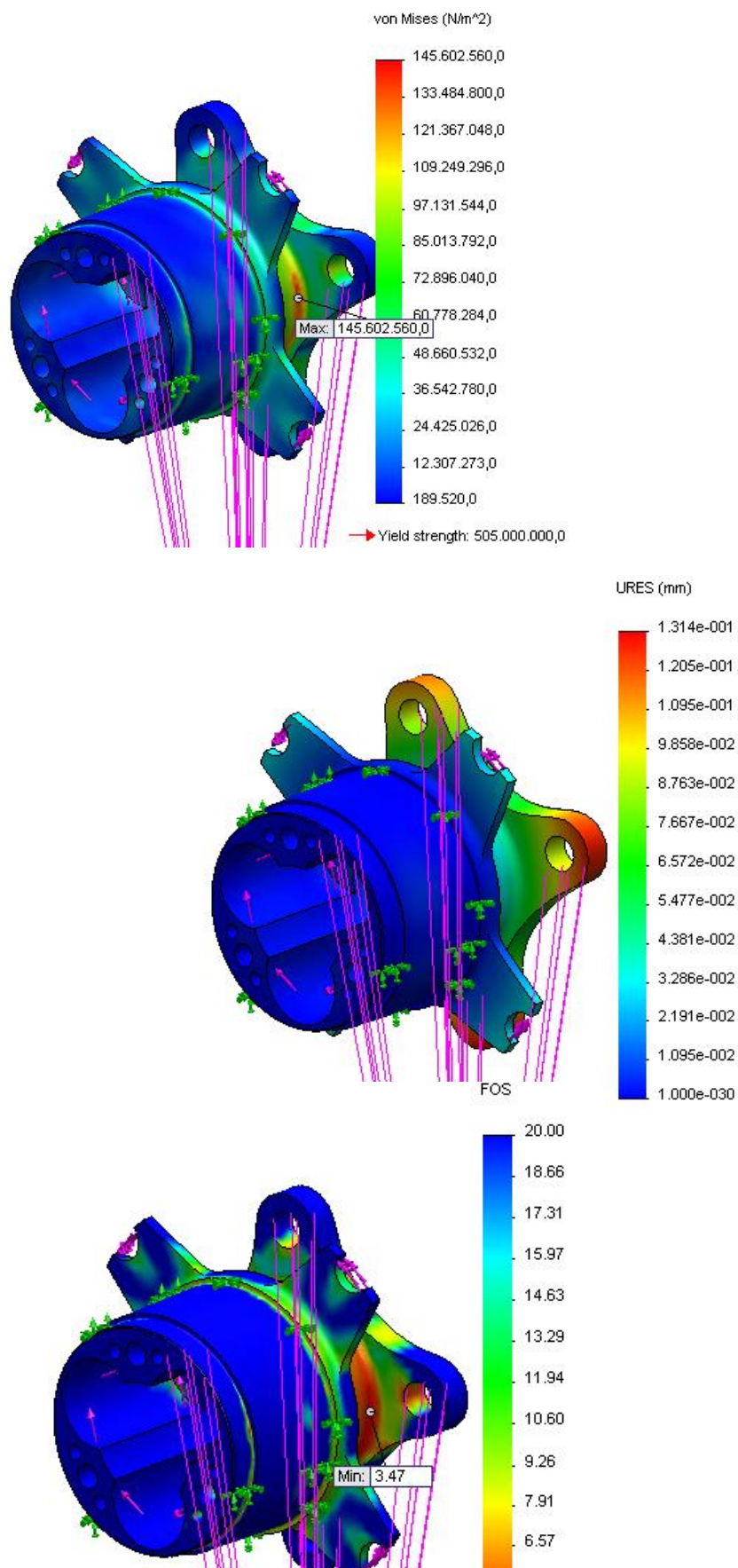


Figura 2.39 - Resultats visuals de la simulació B33

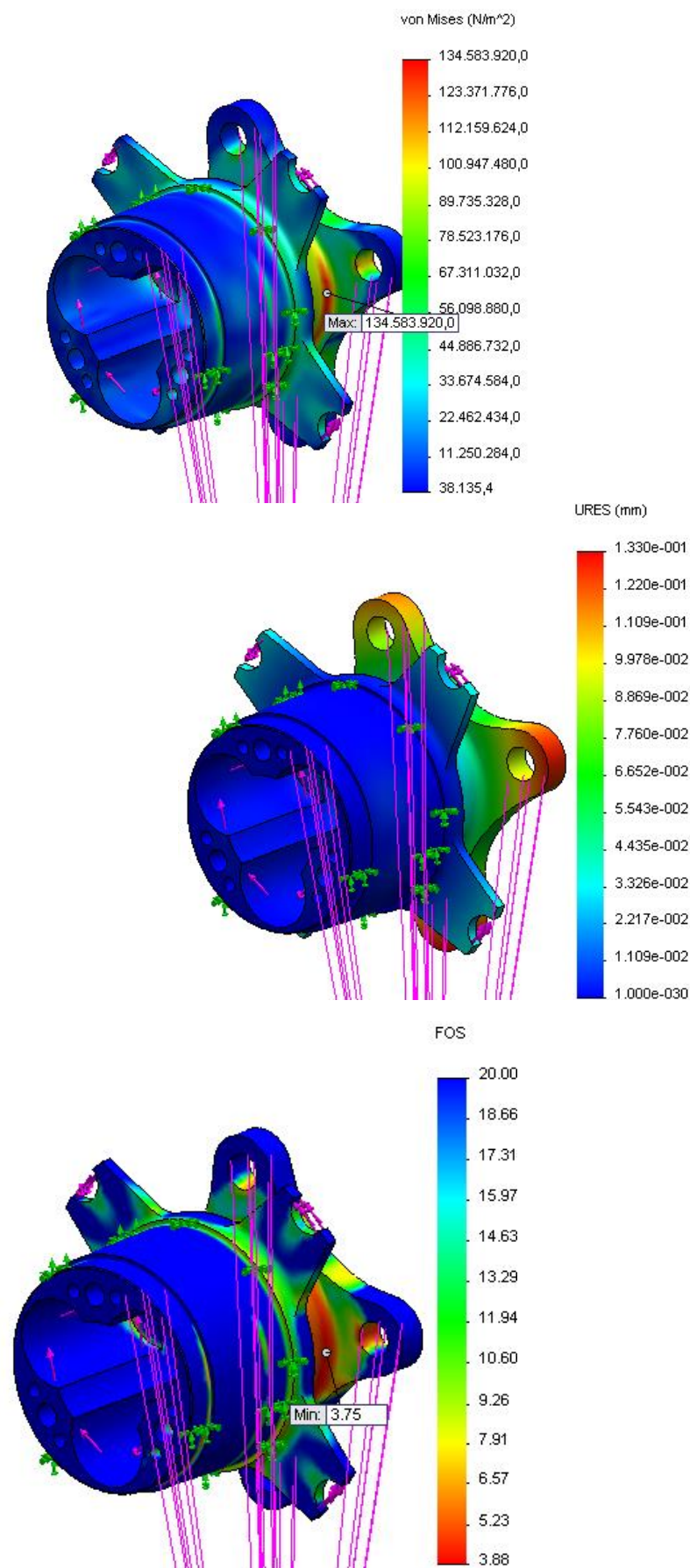


Figura 2.40 - Resultats visuals de la simulació B34

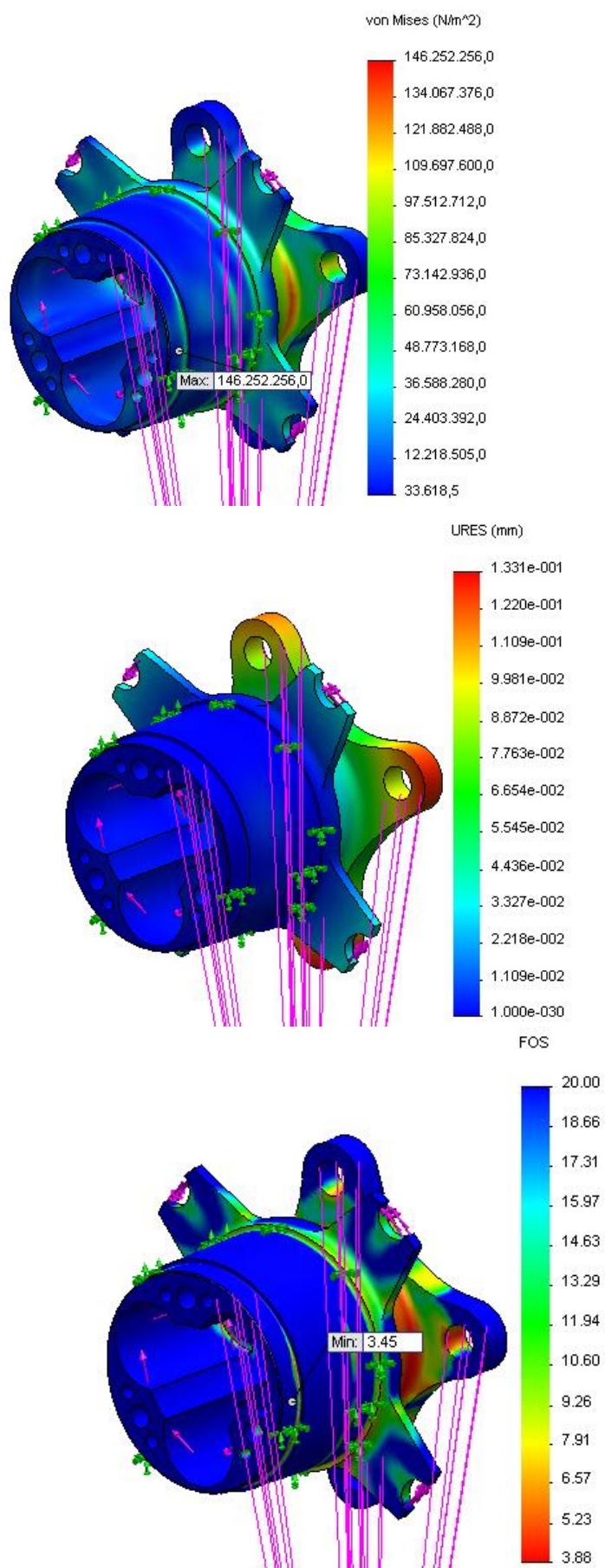


Figura 2.41 - Resultats visuals de la simulació B35

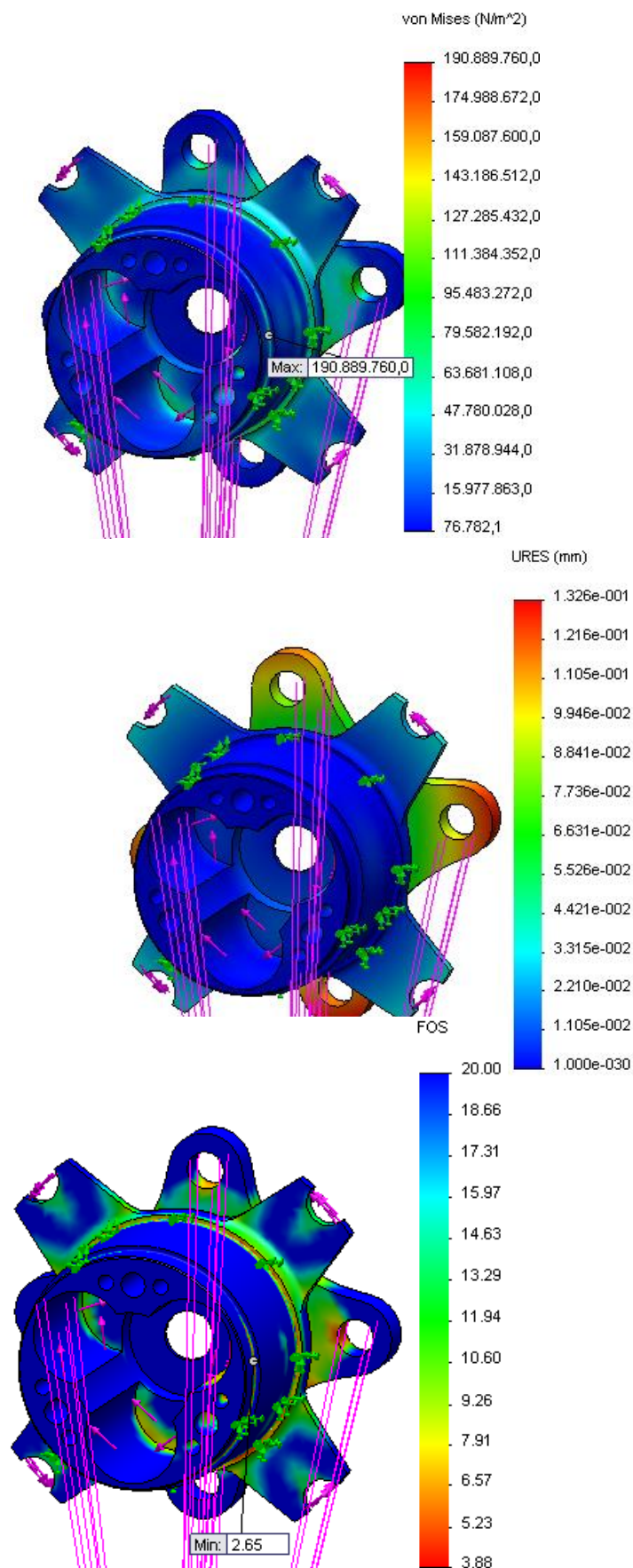


Figura 2.42 - Resultats visuals de la simulació B36

Simulació B4:

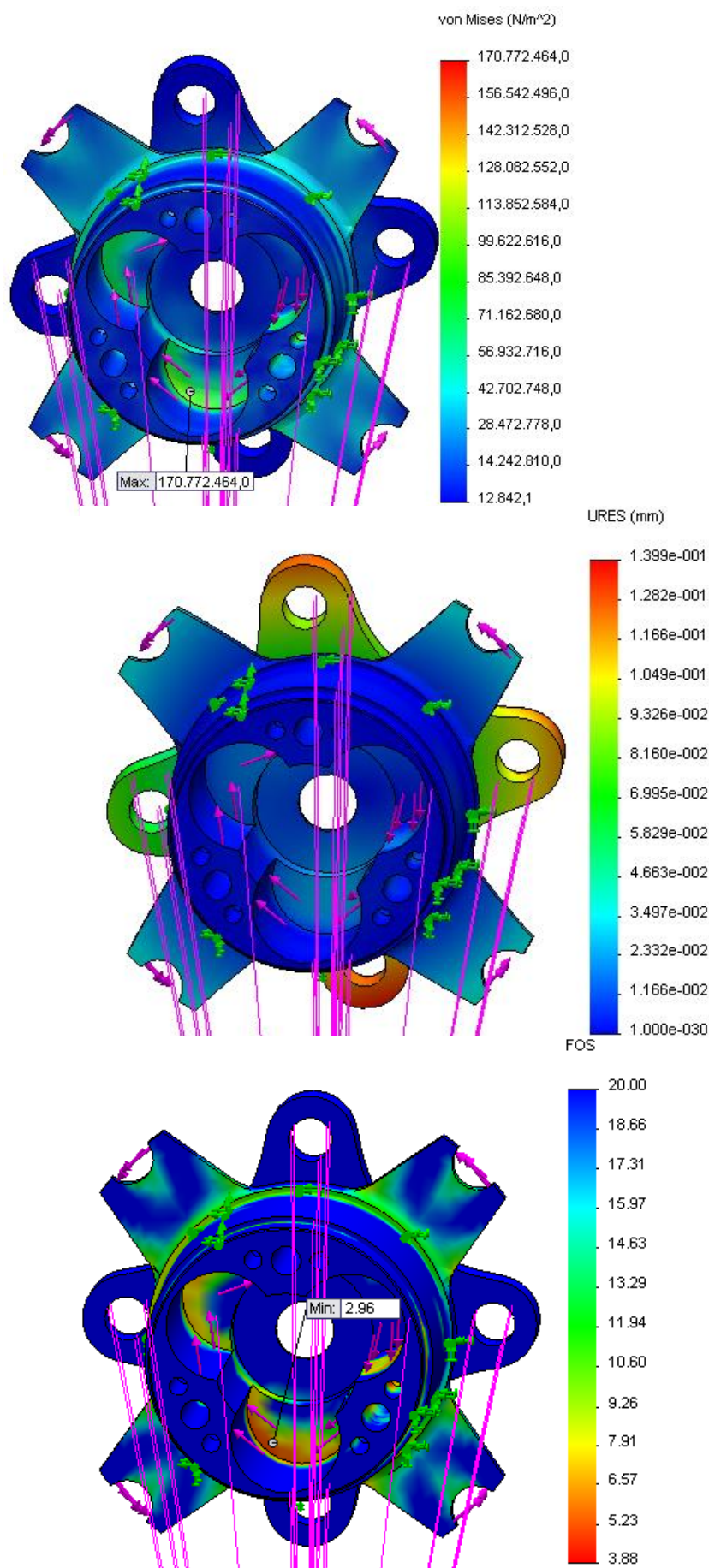


Figura 2.43 - Resultats visuals de la simulació B41

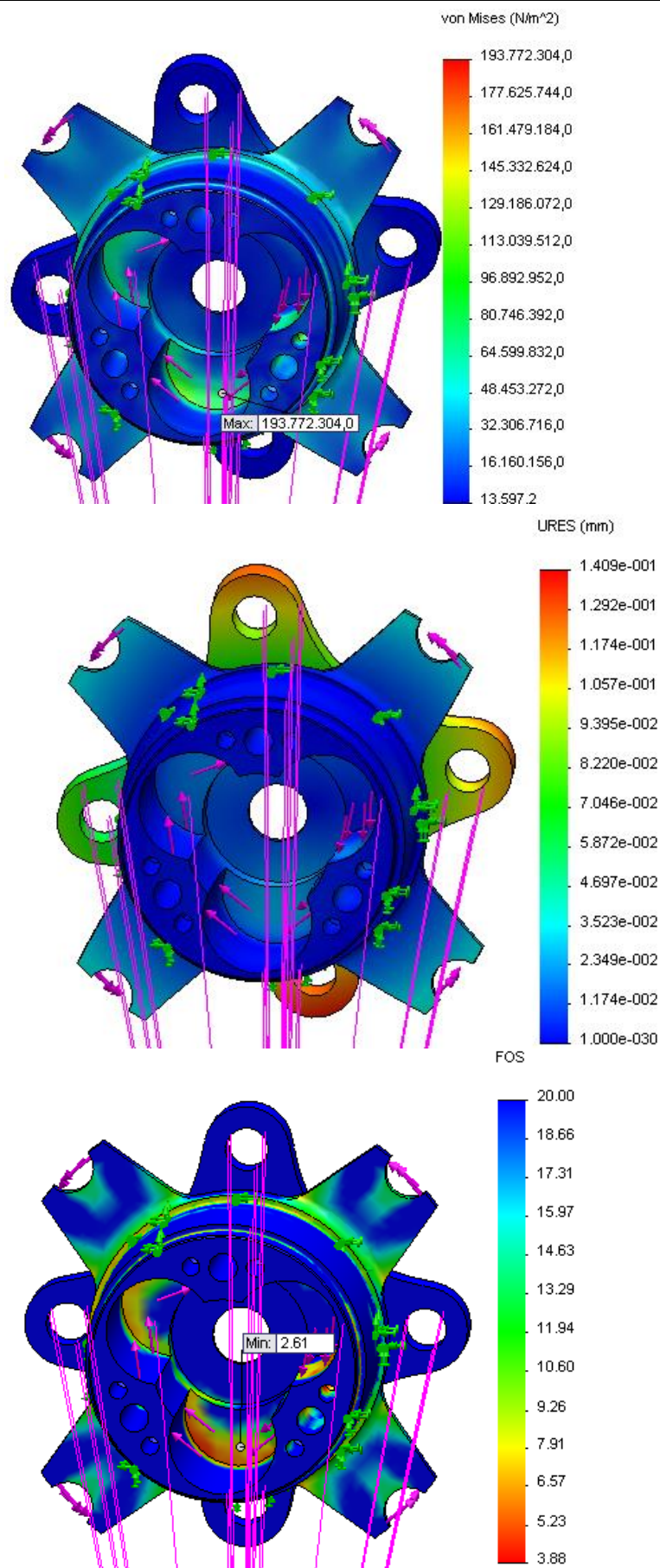


Figura 2.44 - Resultats visuals de la simulació B42

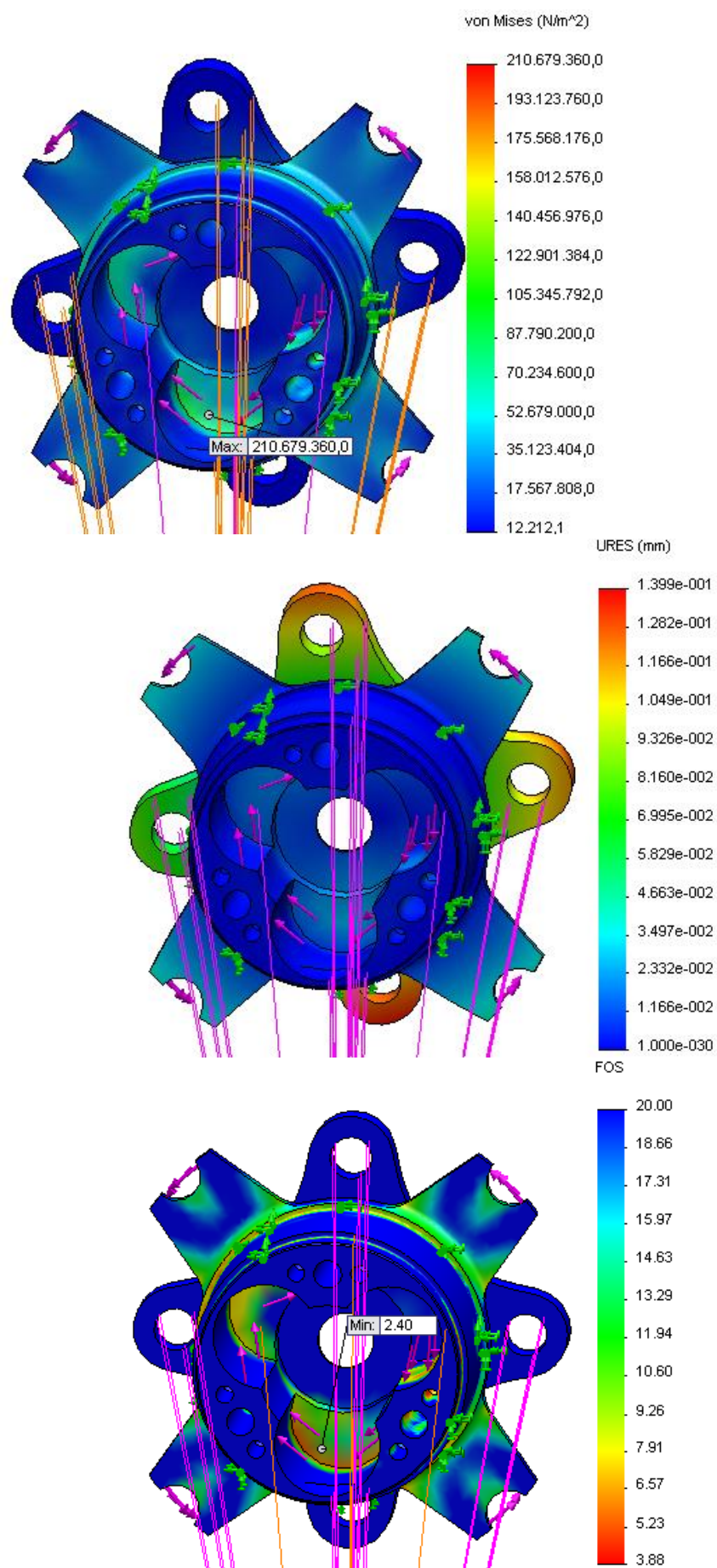


Figura 2.45 - Resultats visuals de la simulació B43

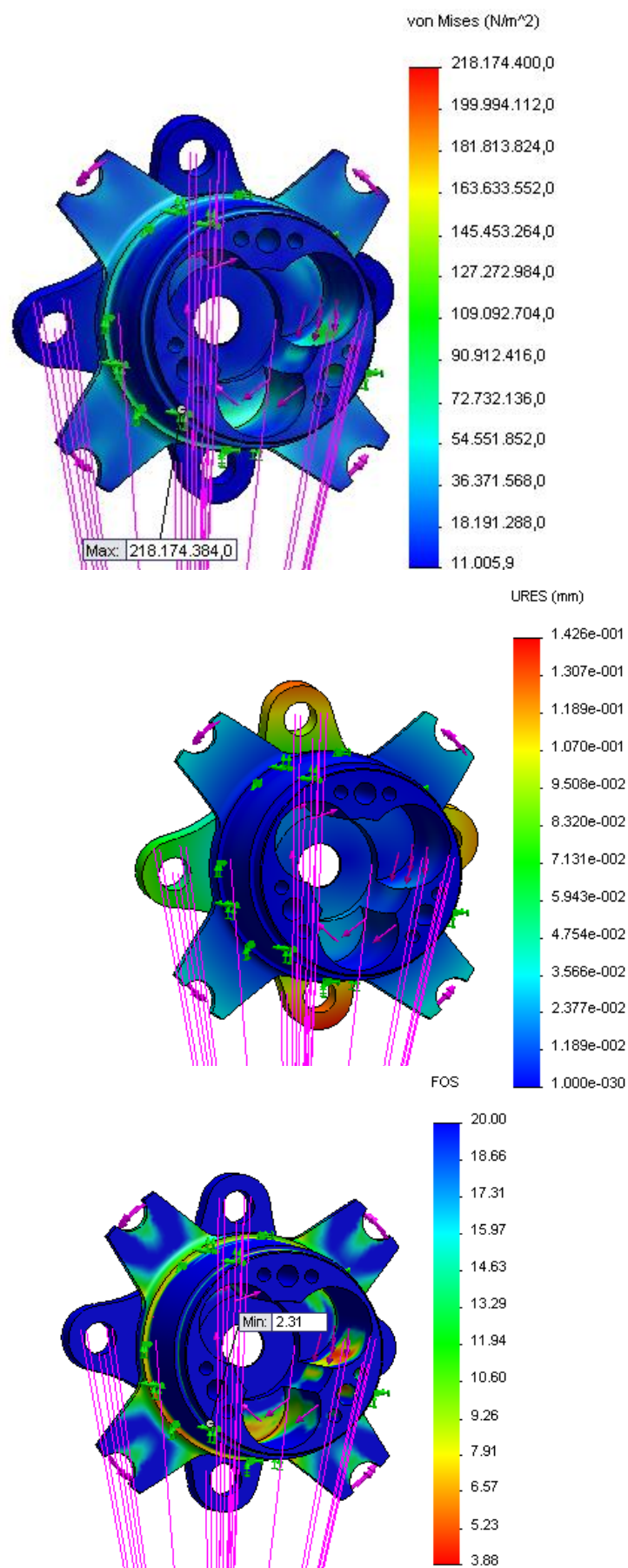


Figura 2.46 - Resultats visuals de la simulació B44

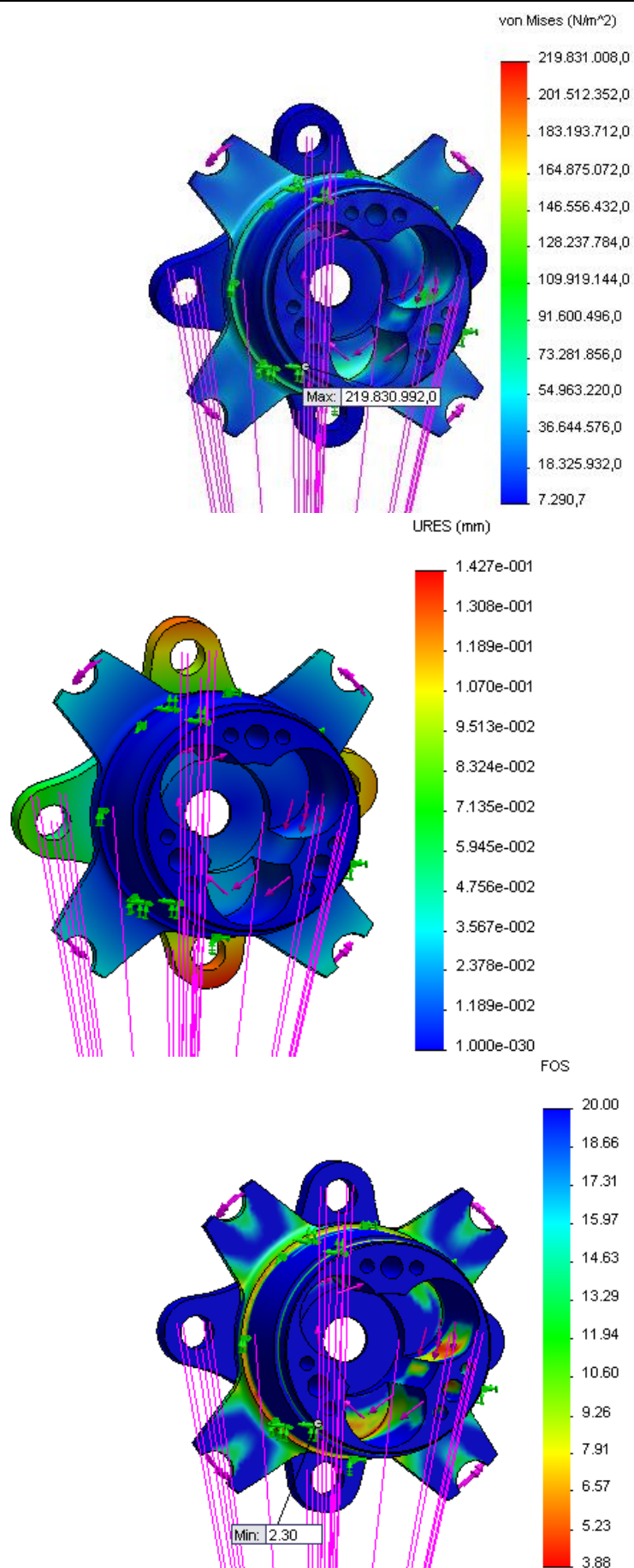


Figura 2.47 - Resultats visuals de la simulació B45

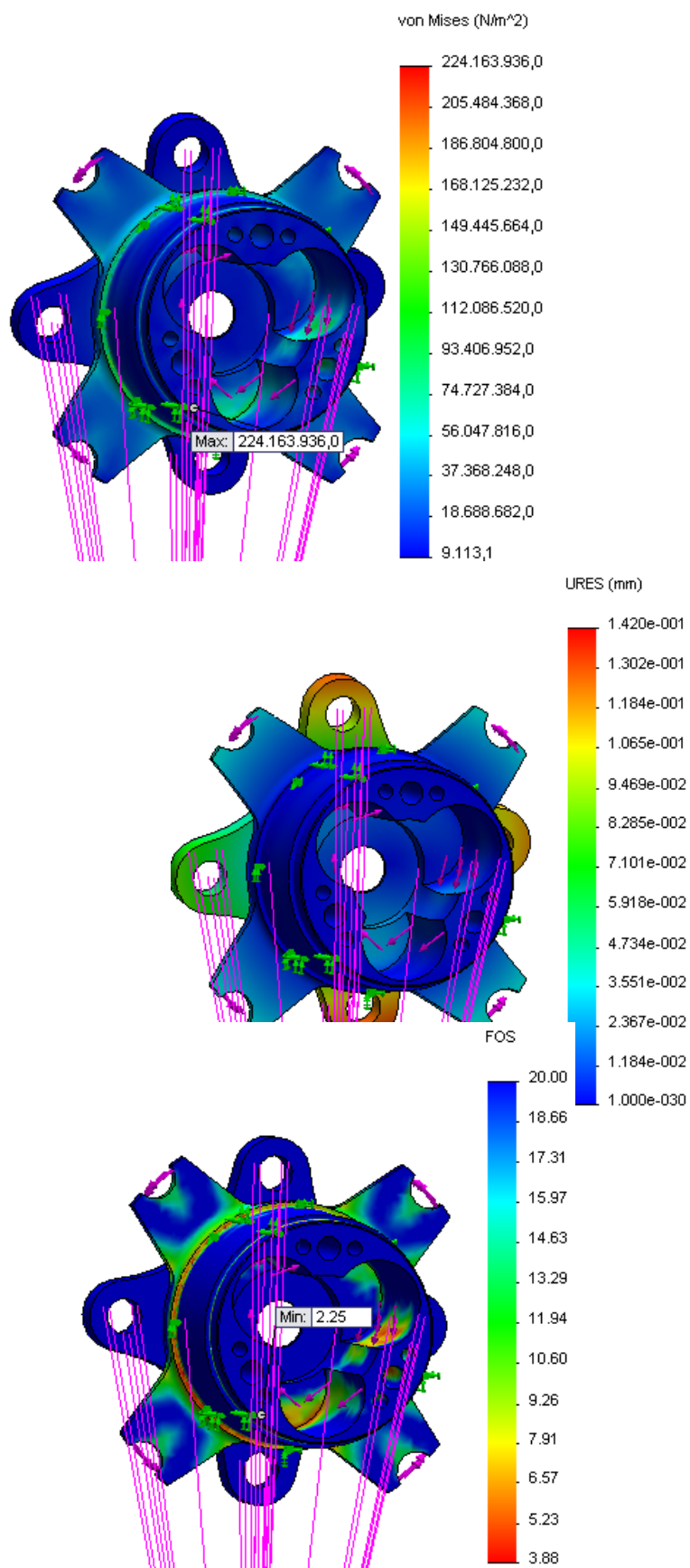


Figura 2.48 - Resultats visuals de la simulació B46

B3. Suports dels trapezis

B3.1. Càrregues aplicades

Forces de frenada (N)– eix anterior			
Ubicació	F_x	F_y	F_z
U3F	-414	-746	241

Taula 2.12 – Forces de frenada aplicades al suport del trapezi anterior

Forces d'acceleració (N) – eix posterior			
Ubicació	F_x	F_y	F_z
U3R	-771	-1111	495

Taula 2.13 - Forces d'acceleració aplicades al suport del trapezi posterior

Força de corba (N) - bieletes	
Ubicació	F_y
Bieleta de direcció	792
Bieleta posterior	-522

Taula 2.14 - Forces de corba provinents de les bieletes

B3.2. Resultats numèrics

Suport anterior trapezi superior			
Simulació	σ_{\max} (Mpa)	u (mm)	FS
C11	166,134	1,94E-01	3,04
C12	168,884	1,94E-01	2,99
C13	168,896	1,93E-01	2,99
C14	210,603	1,96E-01	2,40
C15	225,093	1,96E-01	2,24
C16	190,896	1,95E-01	2,65

Taula 2.15 - Resultats numèrics de les simulacions del suport anterior del trapezi

Suport posterior trapezi superior			
Simulació	σ_{\max} (Mpa)	u (mm)	FS
C21	181,945	1,59E-01	2,78
C22	193,374	1,62E-01	2,61
C23	207,068	1,59E-01	2,44
C24	249,697	1,63E-01	2,02
C25	253,701	1,63E-01	1,99
C26	254,611	1,63E-01	1,98

Taula 2.16 - Resultats numèrics de les simulacions del suport posterior del trapezi

B3.3. Resultats visuals

Simulació C1:

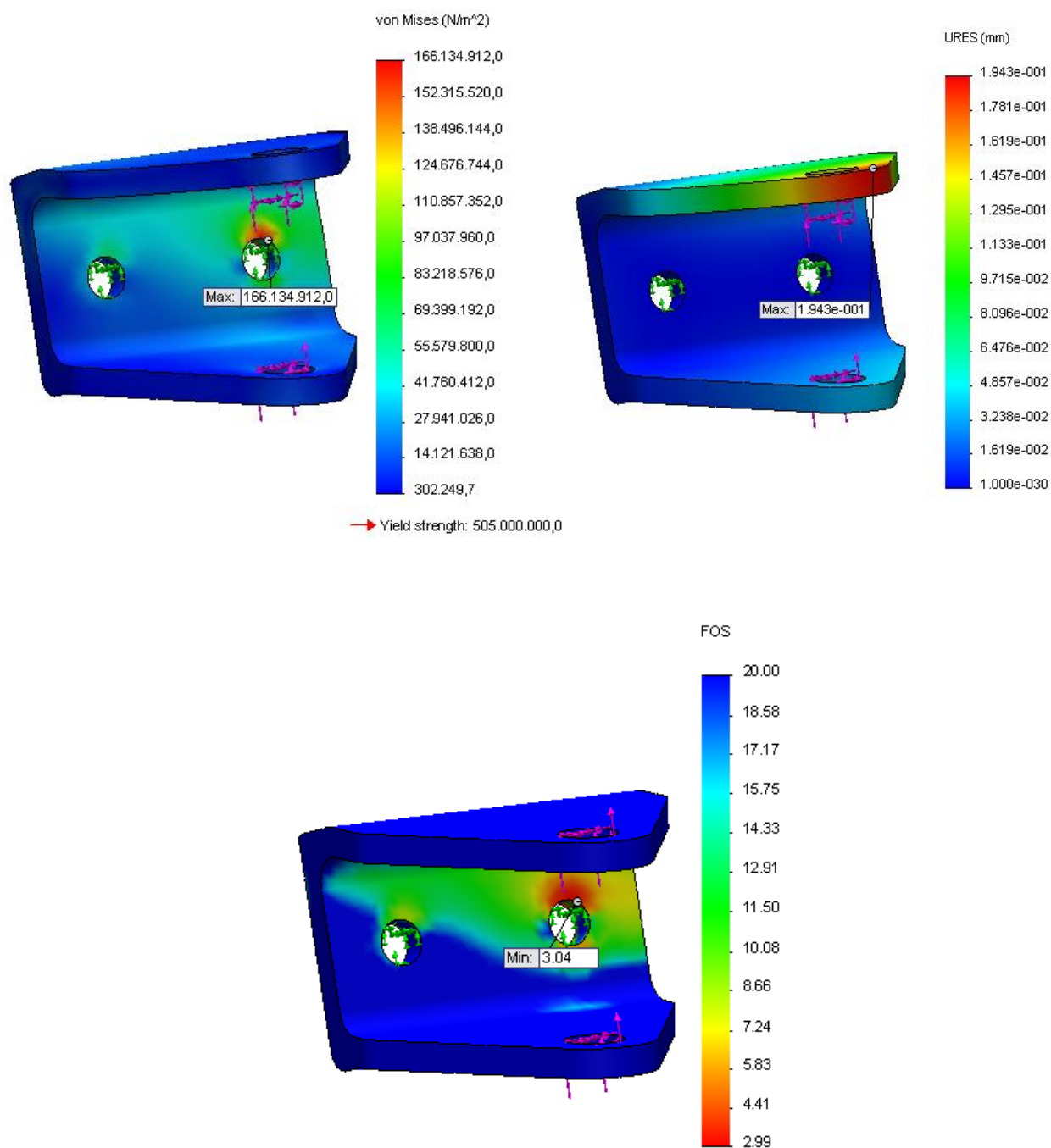


Figura 2.49 - Resultats visuals de la simulació C11

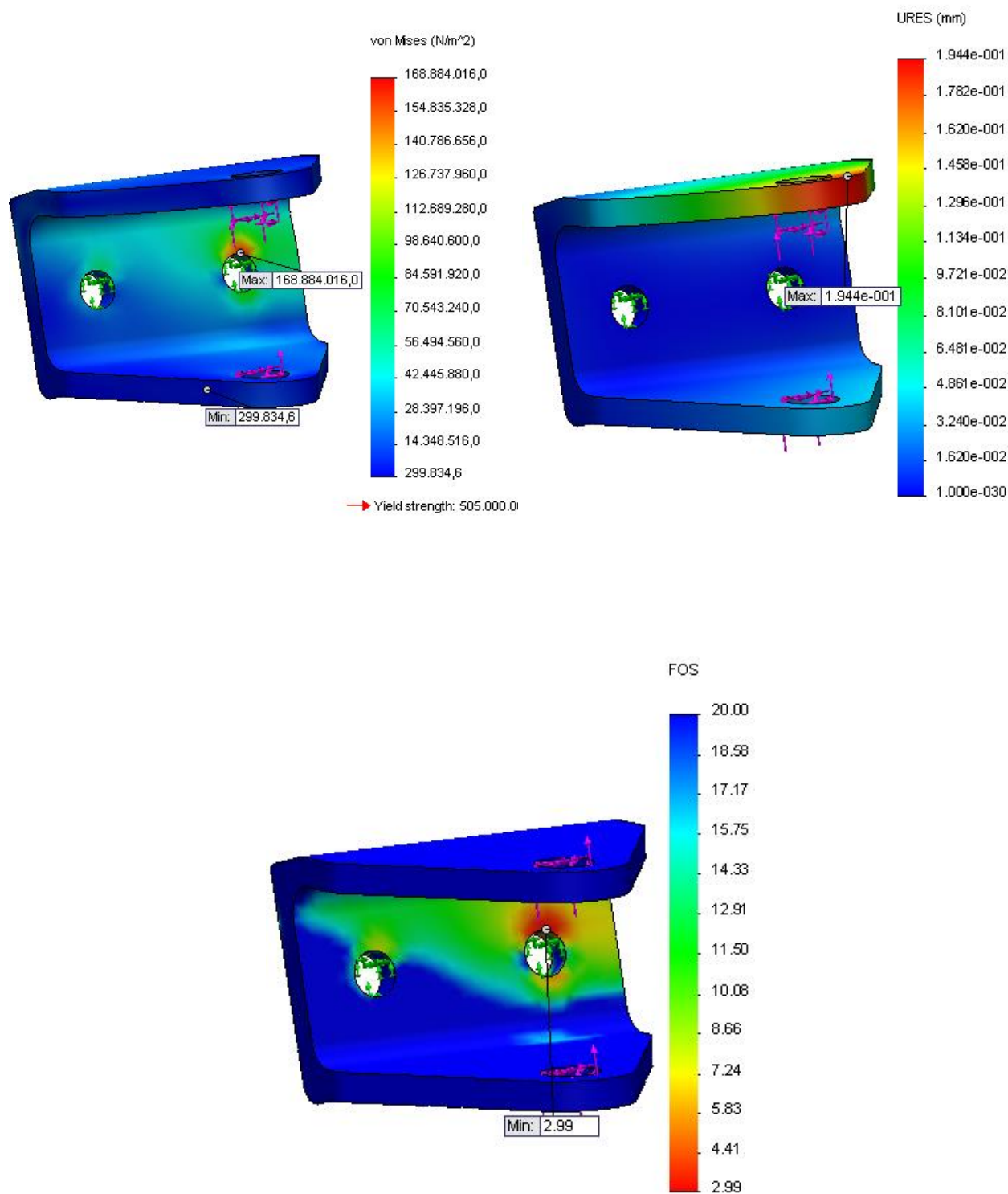


Figura 2.50 - Resultats visuals de la simulació C12

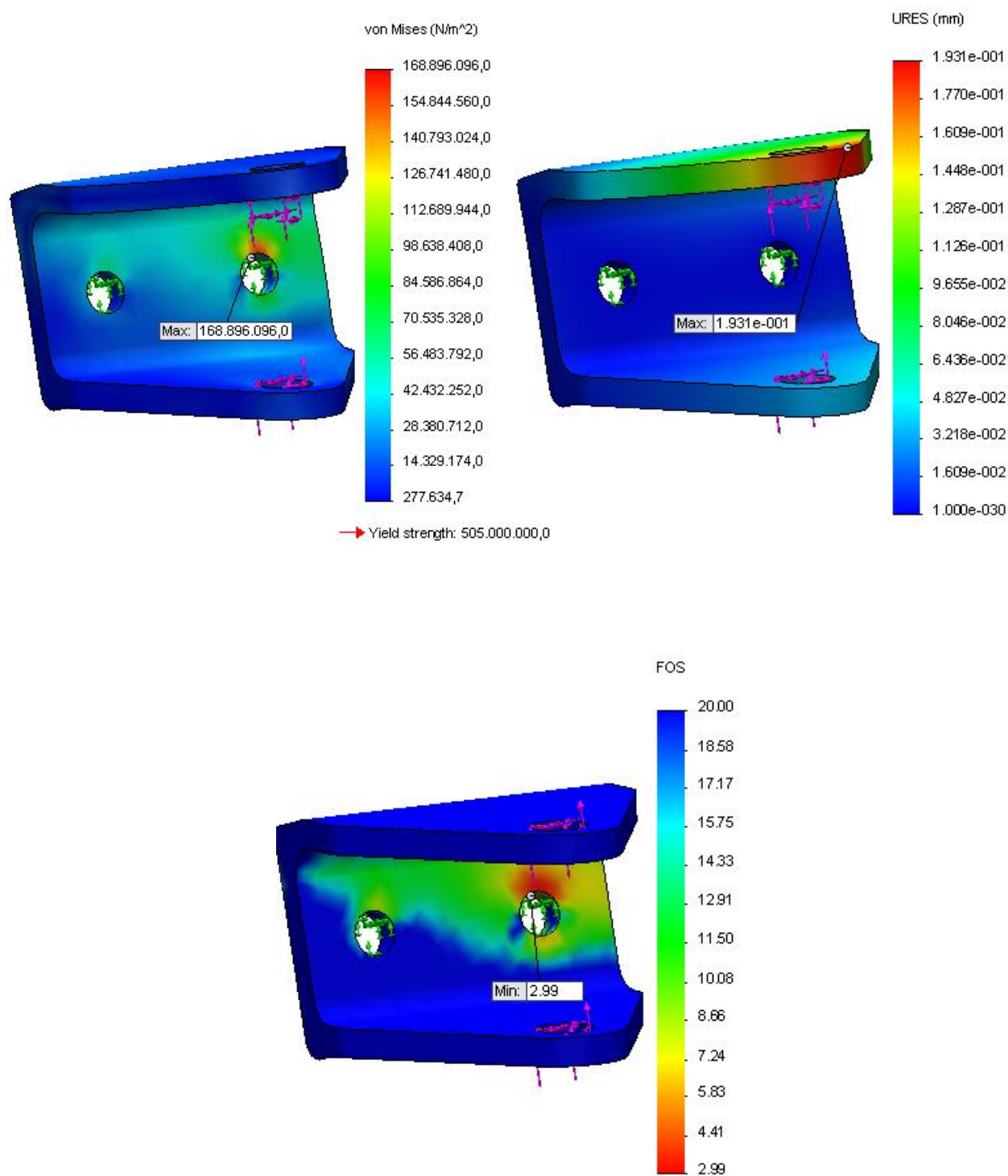


Figura 2.51 - Resultats visuals de la simulació C13

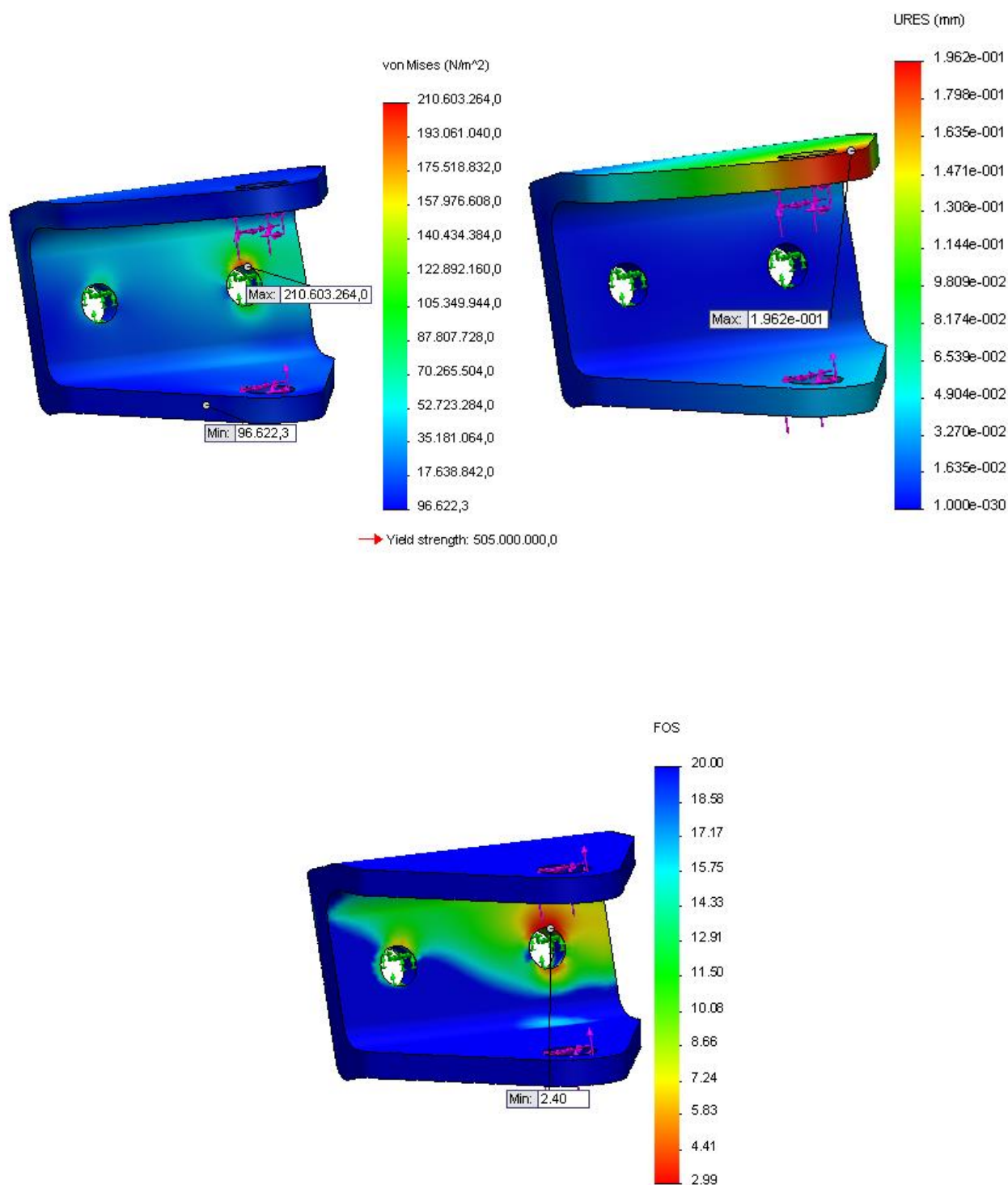


Figura 2.52 - Resultats visuals de la simulació C14

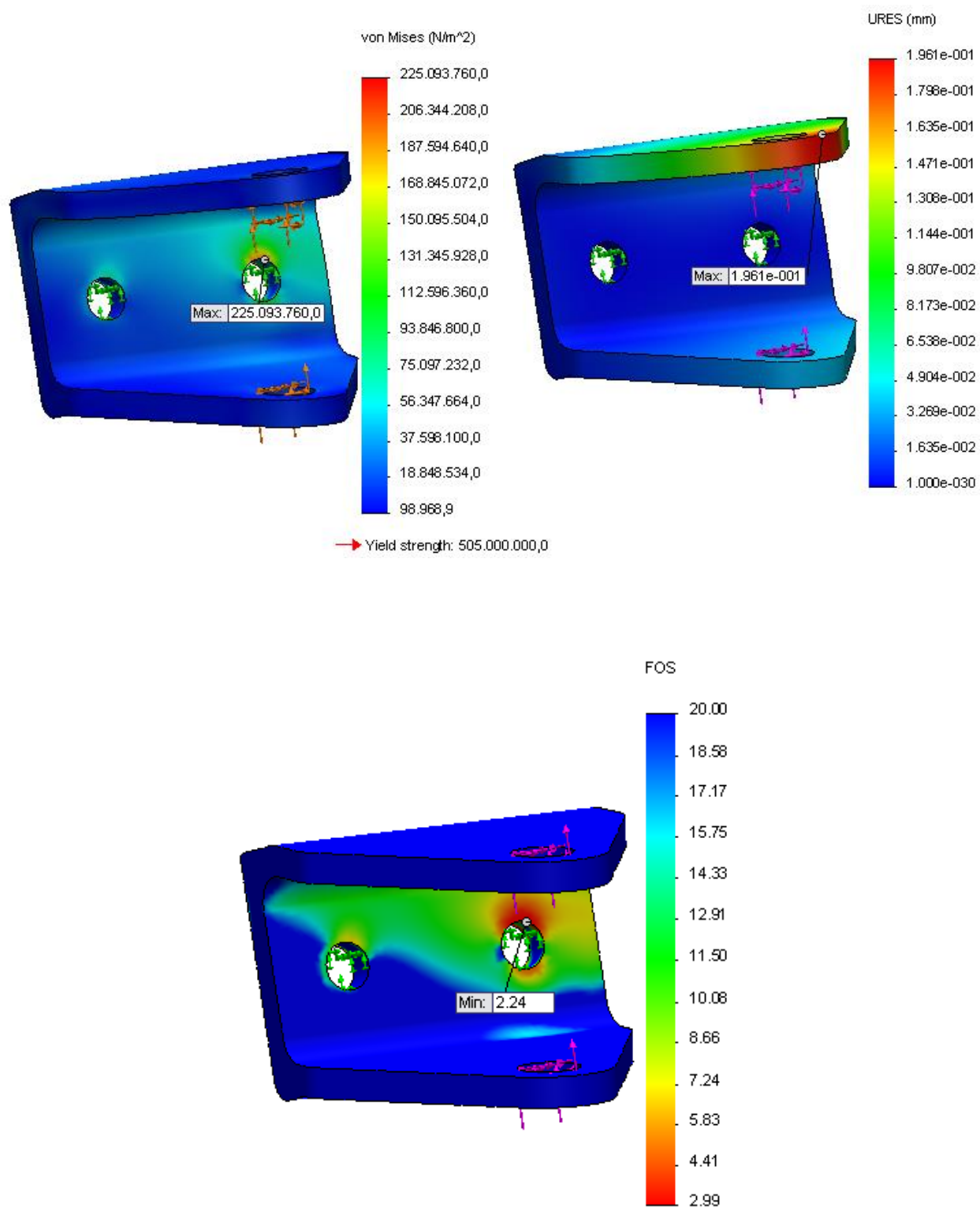


Figura 2.53 - Resultats visuals de la simulació C15

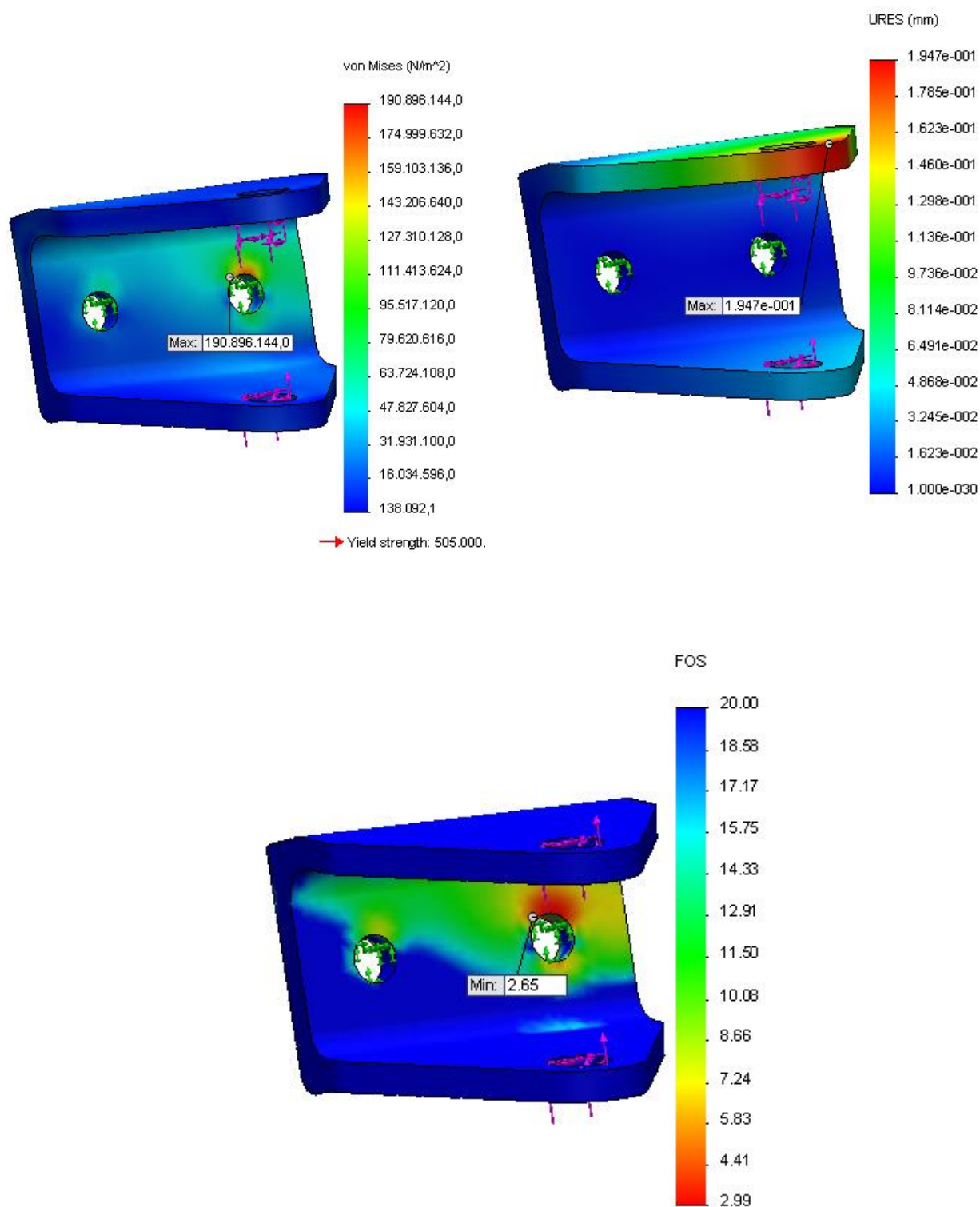


Figura 2.54 - Resultats visuals de la simulació C16

Simulació C2:

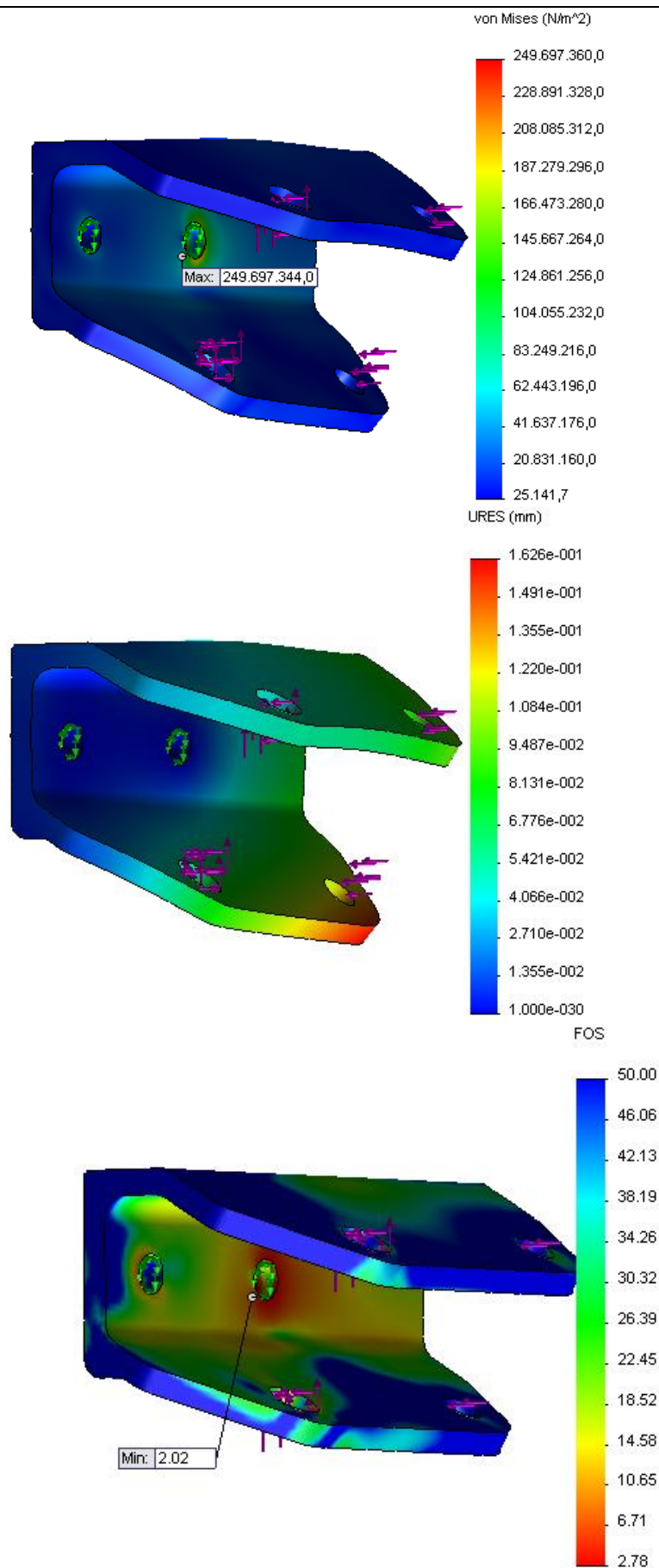


Figura 2.55 - Resultats visuals de la simulació C21

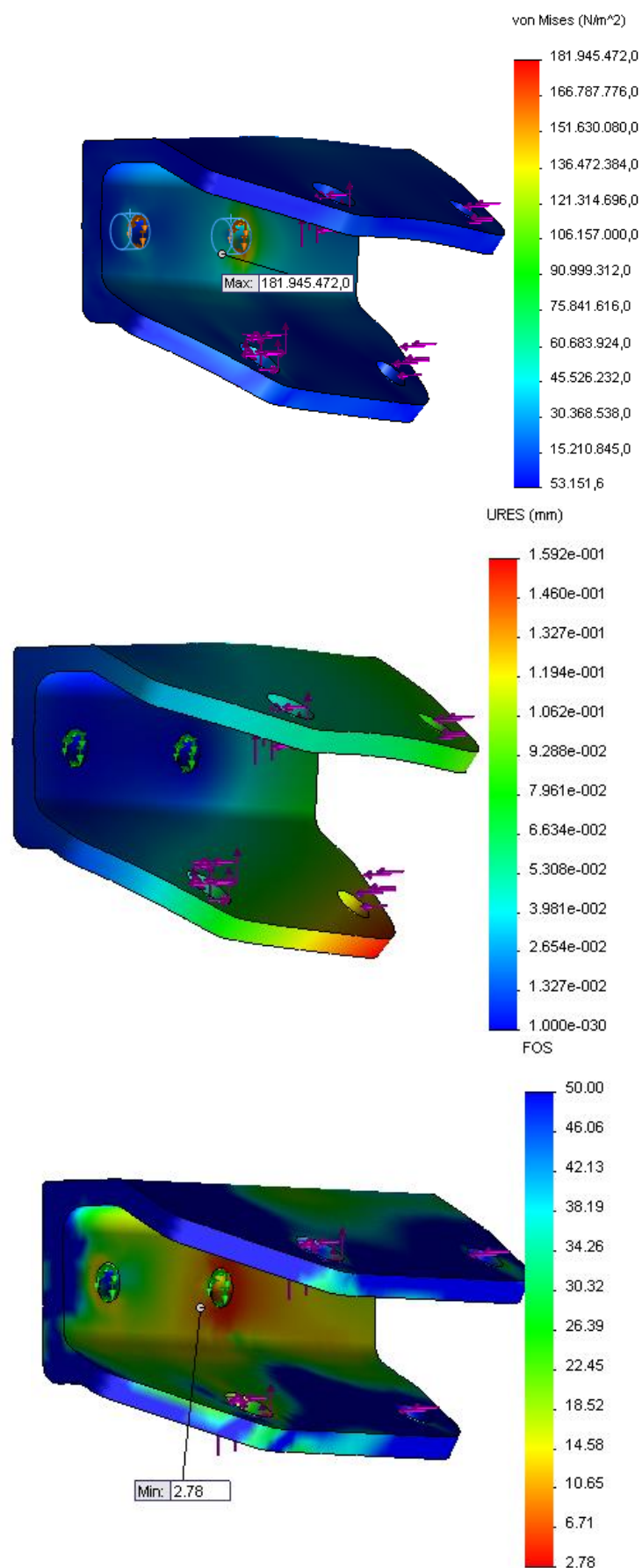


Figura 2.56 - Resultats visuals de la simulació C22

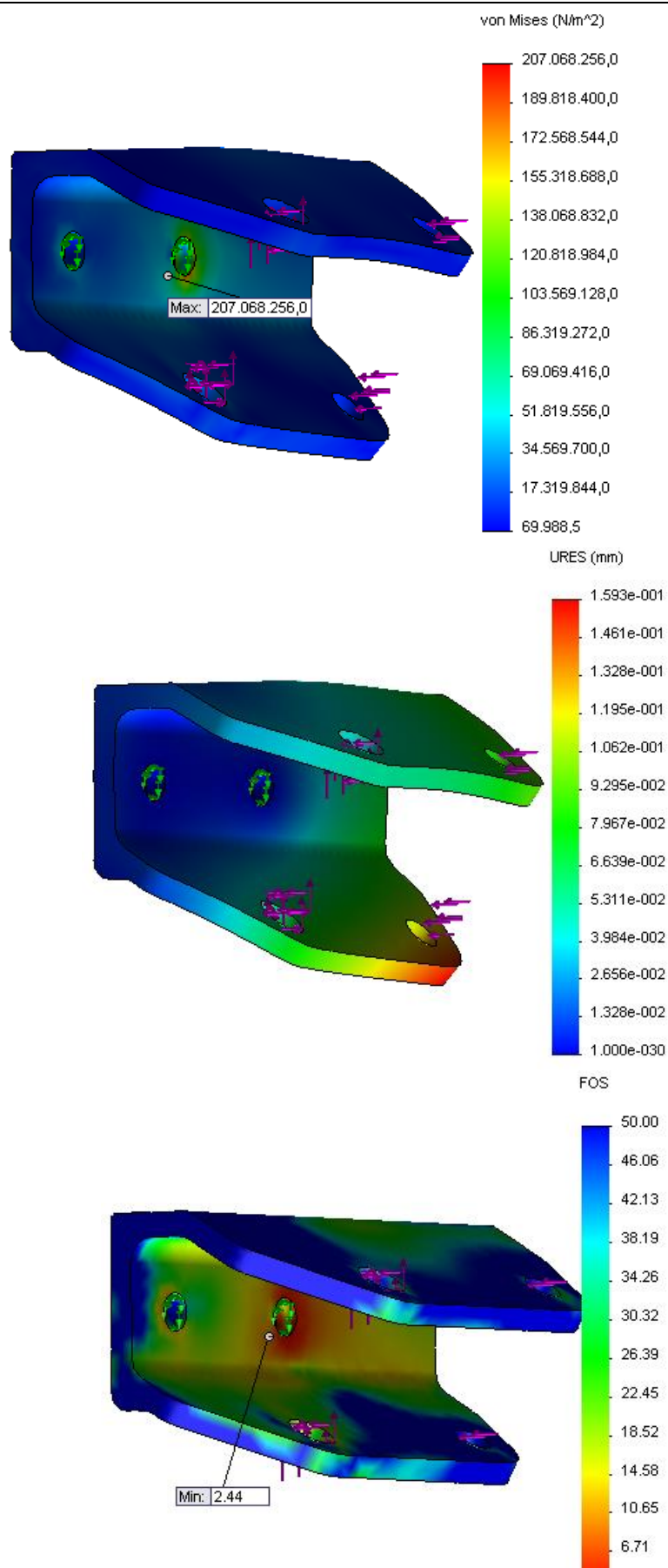


Figura 2.58 - Resultats visuals de la simulació C23

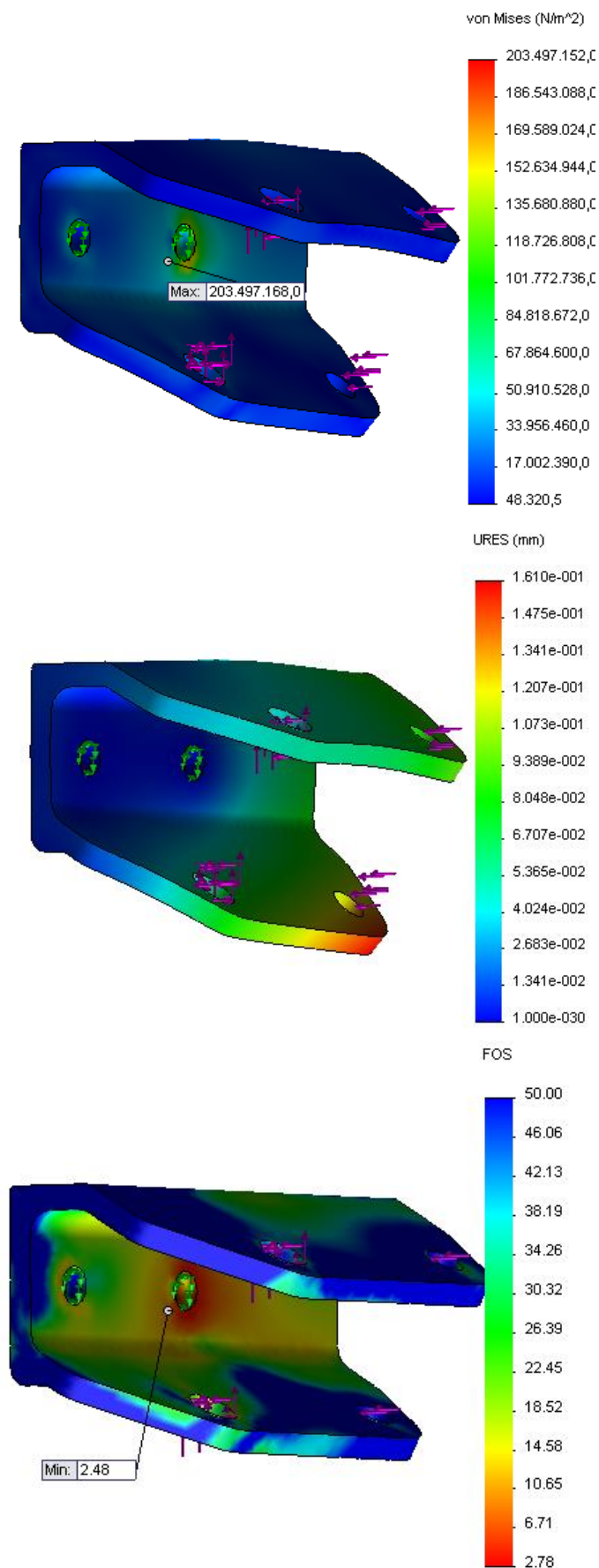


Figura 2.59 - Resultats visuals de la simulació C24

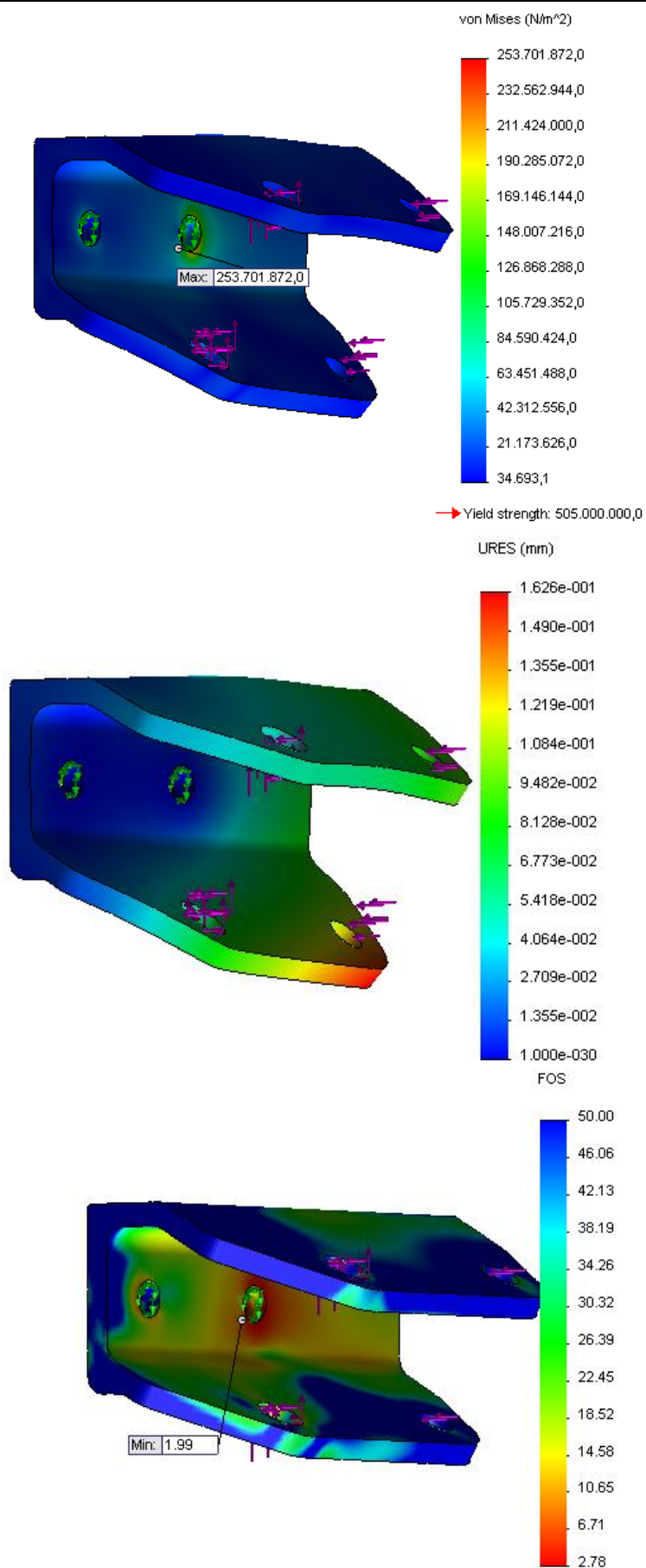


Figura 2.60 - Resultats visuals de la simulació C25

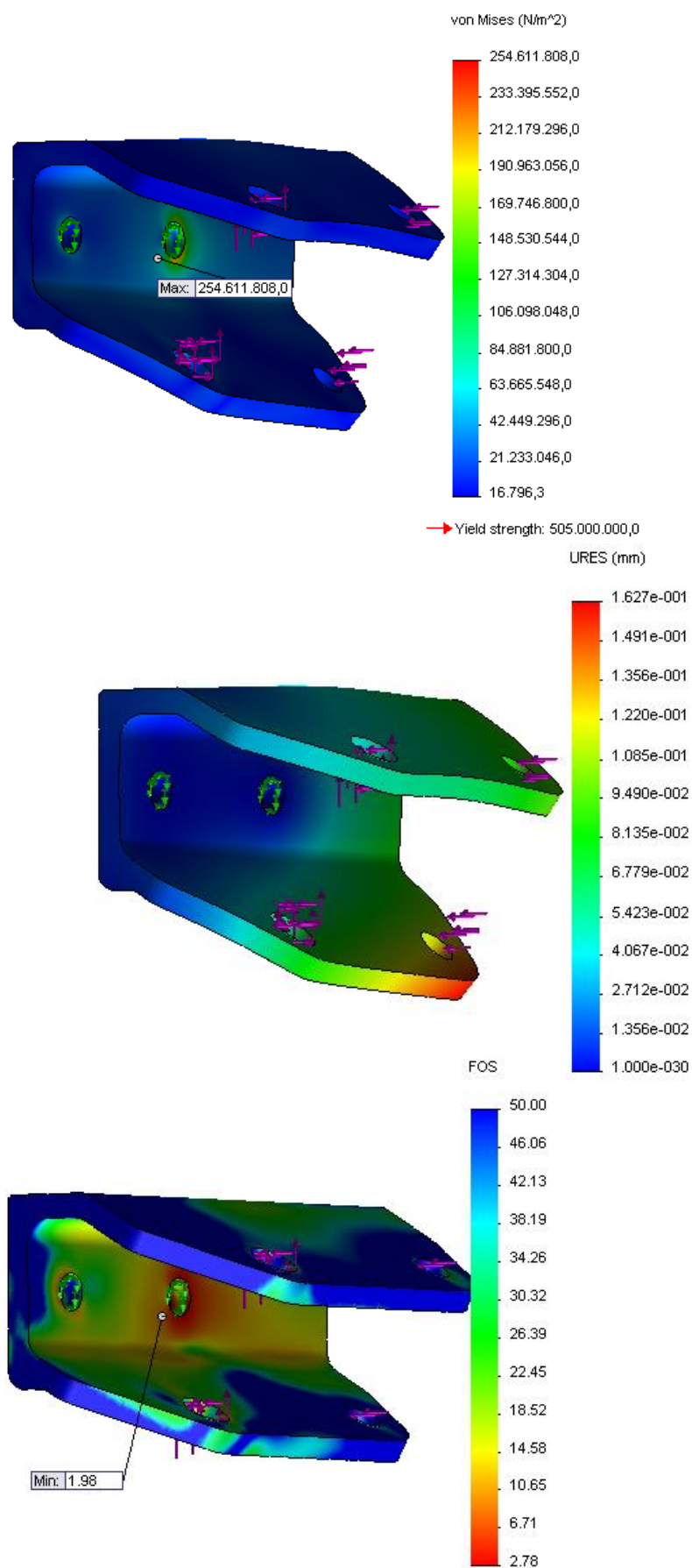


Figura 2.61 - Resultats visuals de la simulació C26

B4. Suport de la pinça

B4.1. Càrregues aplicades

Parell de frenada - M_f (N·m)	
Anterior	788

Taula 2.17 - Parell de frenada aplicat al suport de la pinça

B4.2. Resultats numèrics

Suport pinça			
Simulació	σ_{\max} (Mpa)	u' (mm)	FS
D11	274,292	1,28E-01	1,84
D12	268,203	1,28E-01	1,88
D13	261,388	1,28E-01	1,93
D14	280,399	1,28E-01	1,80
D15	280,399	1,28E-01	1,80
D16	285,959	1,28E-01	1,77

Taula 2.18 - Resultats numèrics de les simulacions de la pinça

B4.3. Resultats visuals

Simulació D1:

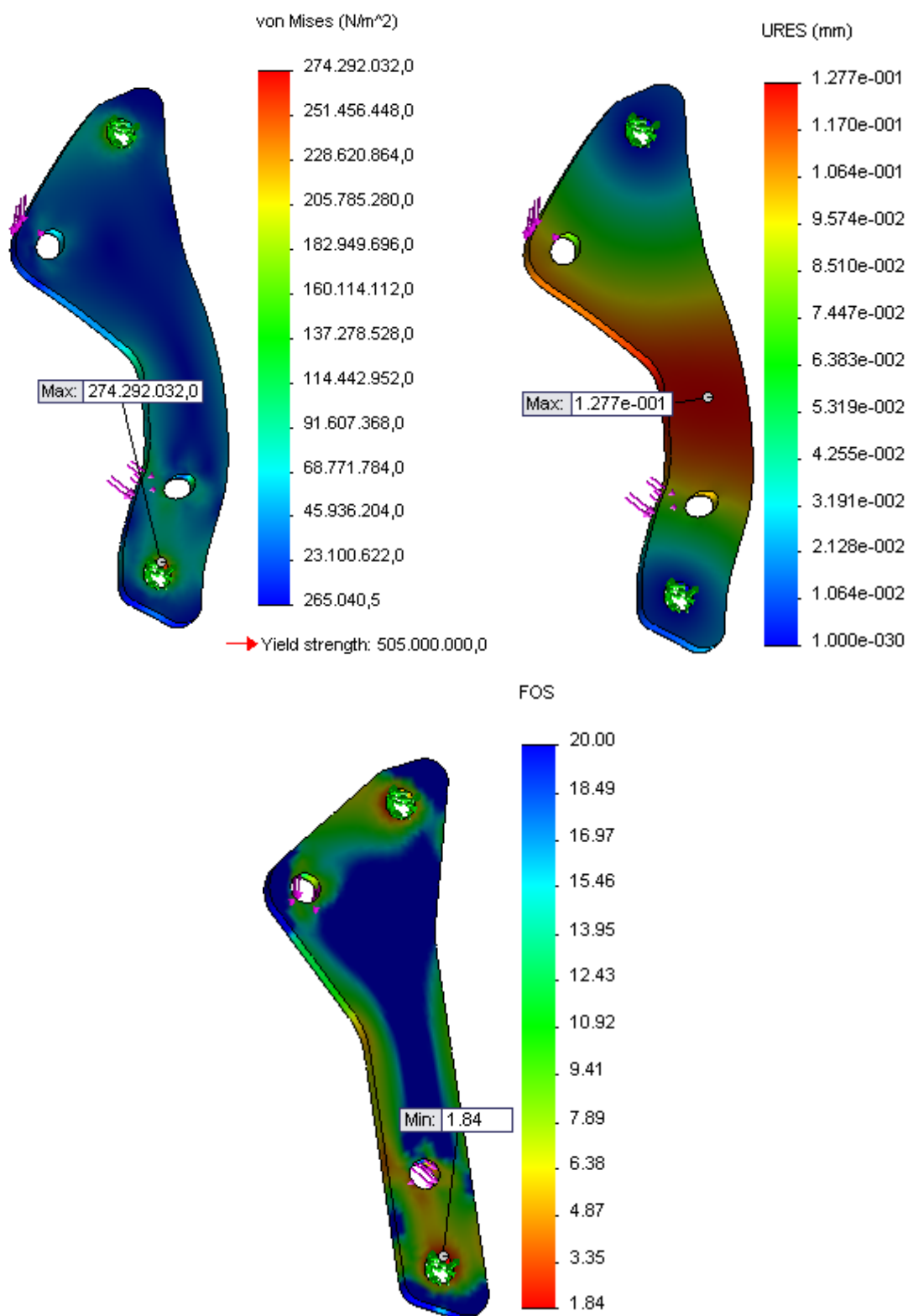


Figura 2.62 - Resultats visuals de la simulació D11

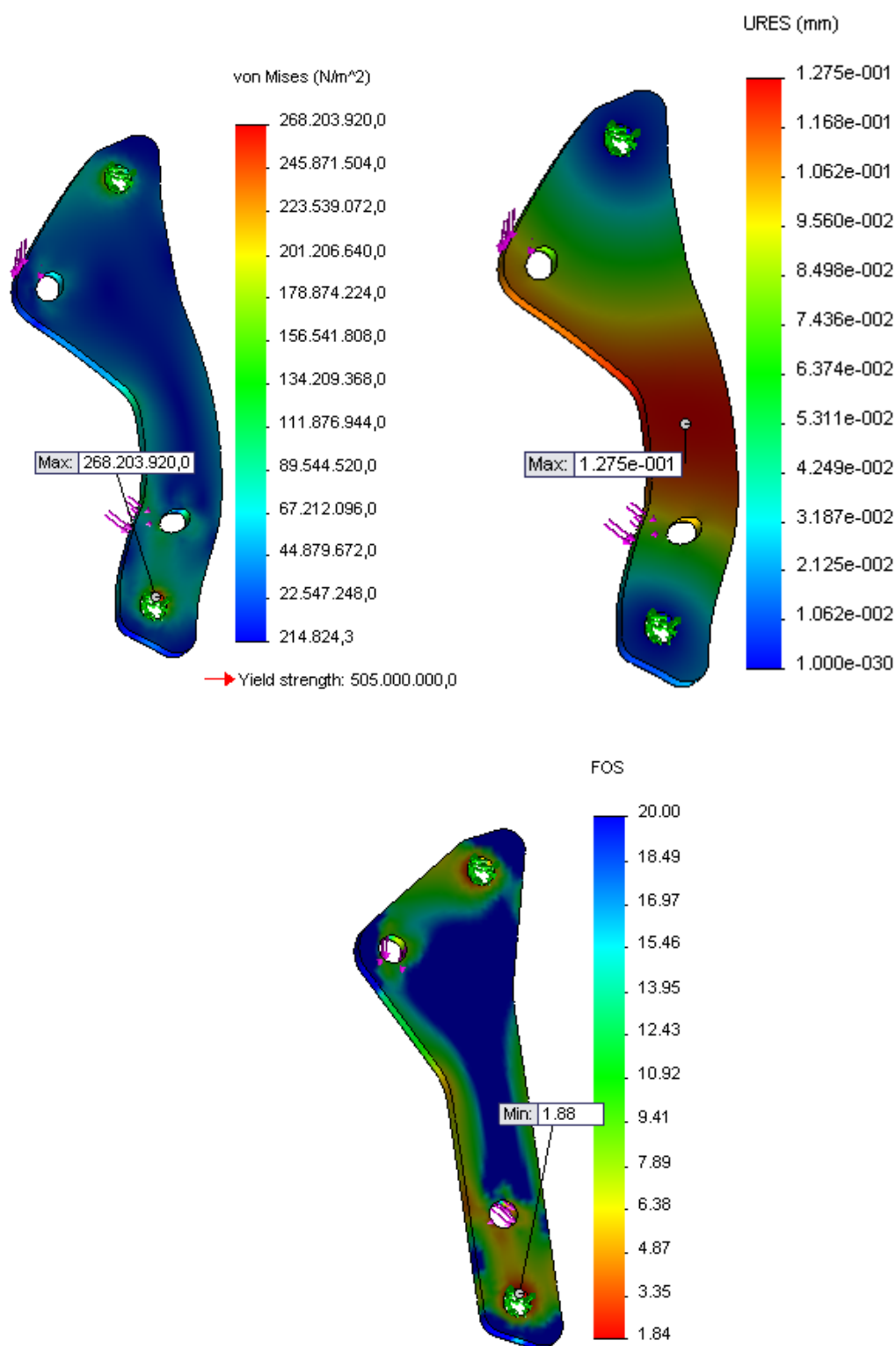


Figura 2.63 - Resultats visuals de la simulació D12

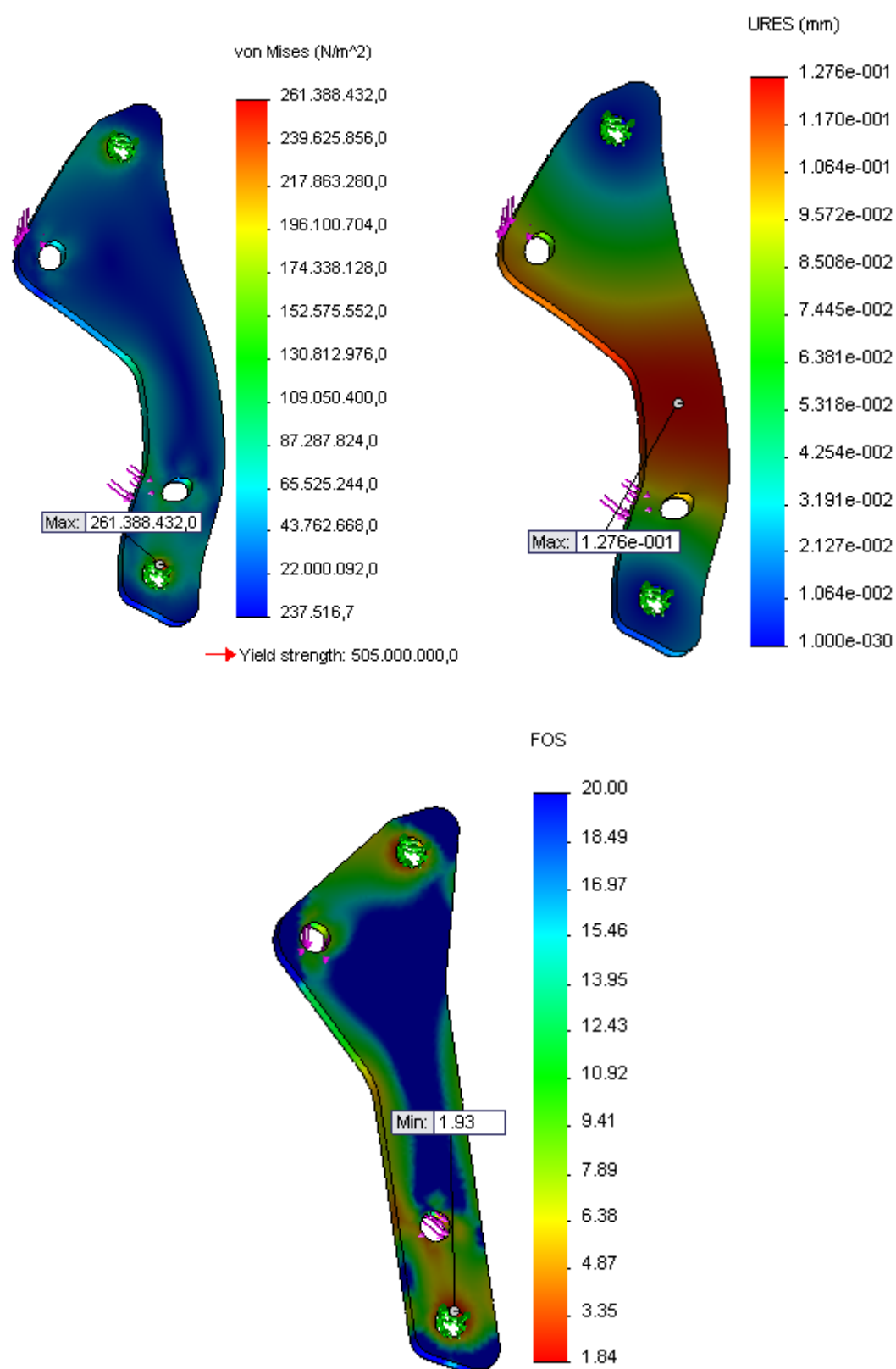


Figura 2.64 - Resultats visuals de la simulació D13

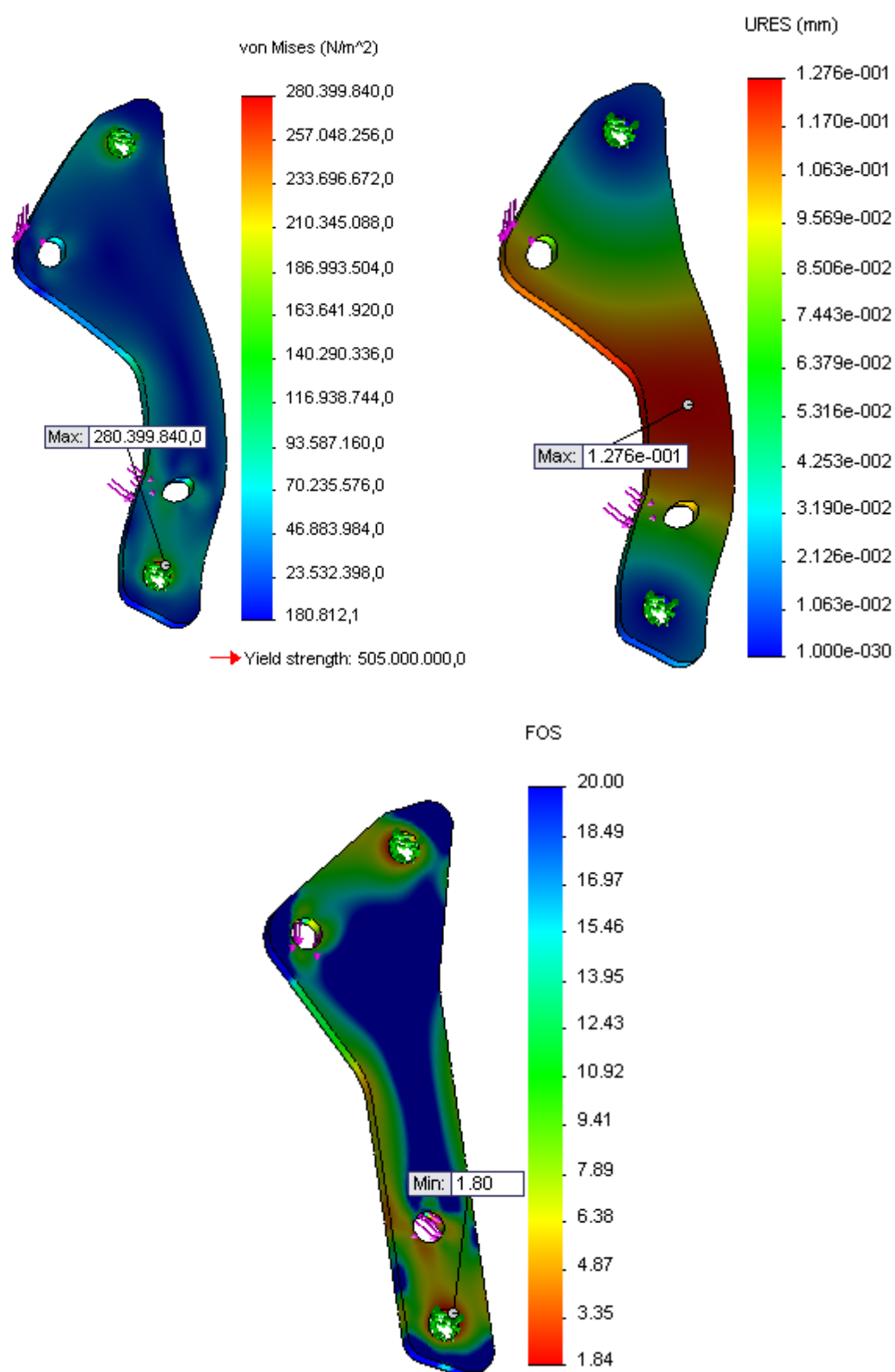


Figura 2.65 - Resultats visuals de la simulació D14

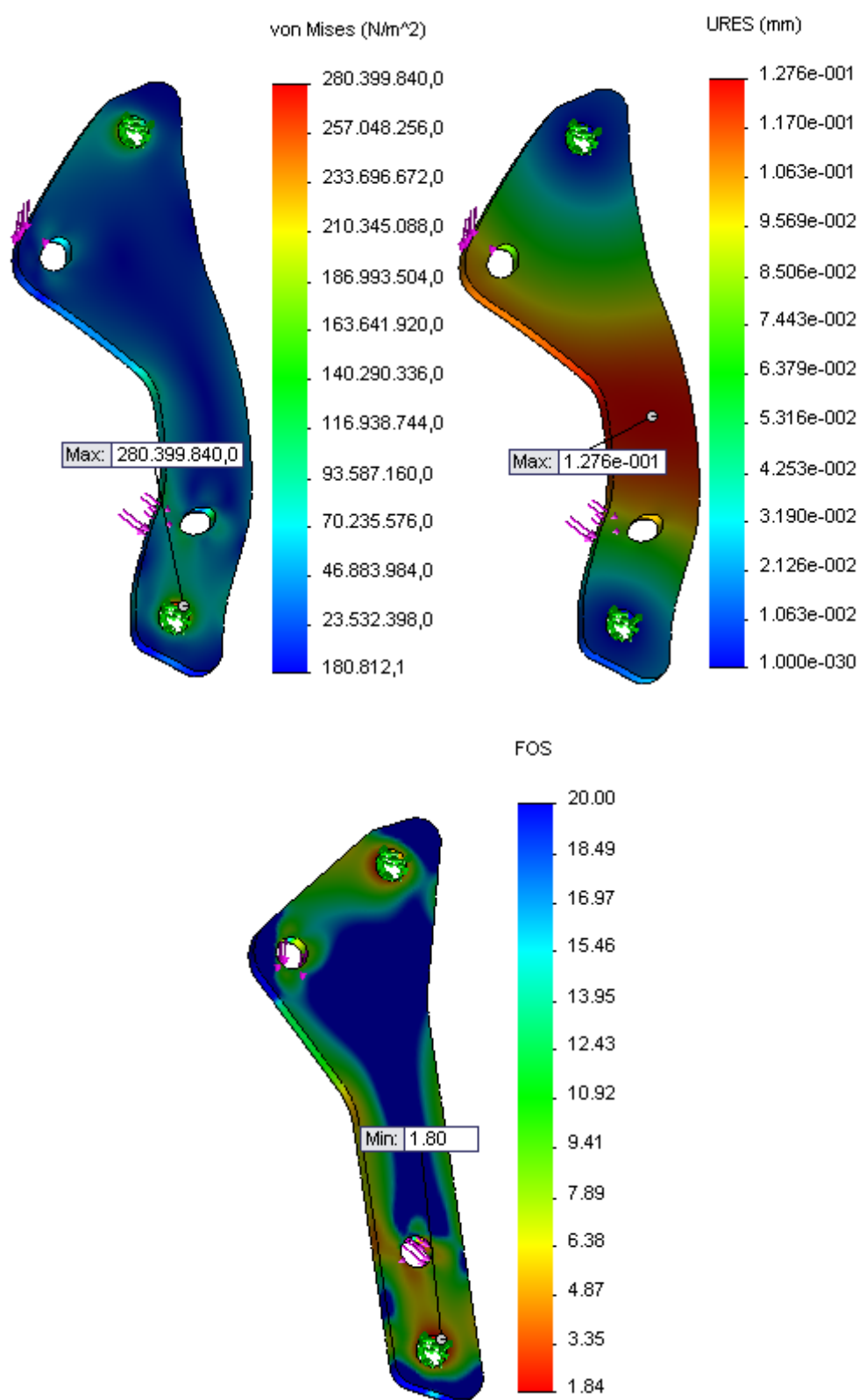


Figura 2.66 - Resultats visuals de la simulació D15

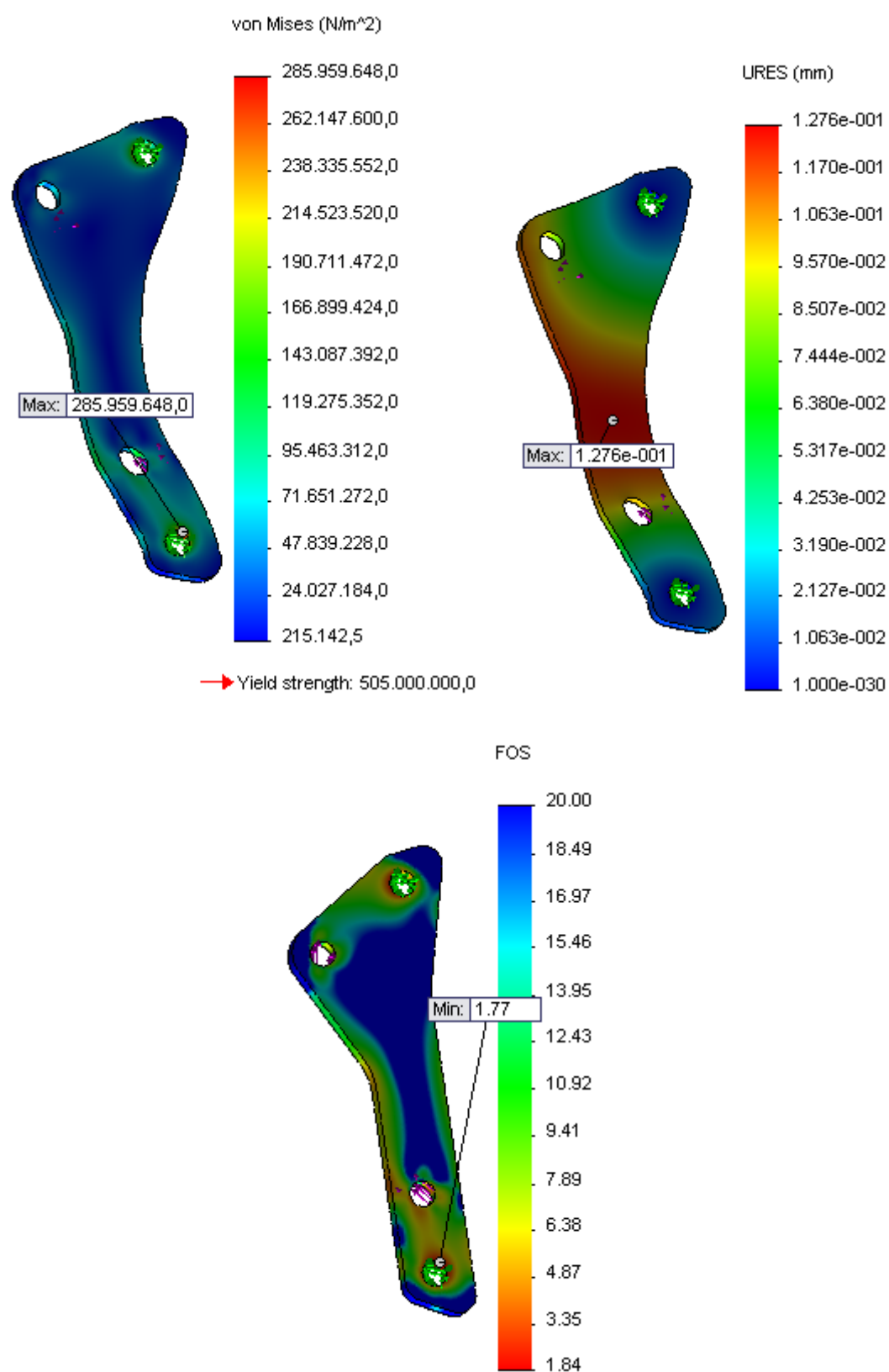


Figura 2.67 - Resultats visuals de la simulació D16

B5. Suport de la bieleta de direcció

B5.1. Càrregues aplicades

Força de corba (N) - bieletes	
Ubicació	F_y
Bieleta de direcció	792

Taula 2.19 - Forces de corba provinents de la bieleta anterior

B5.2. Resultats numèrics

Suport bieleta de direcció			
Simulació	σ_{\max} (Mpa)	u' (mm)	FS
E11	189,716	2,97E-01	2,66
E12	193,805	2,98E-01	2,61
E13	195,159	2,98E-01	2,59
E14	230,751	3,00E-01	2,19
E15	243,218	3,00E-01	2,08
E16	246,858	3,00E-01	2,05

Taula 2.20 - Resultats numèrics de les simulacions del suport de la bieleta

B5.3. Resultats visuals

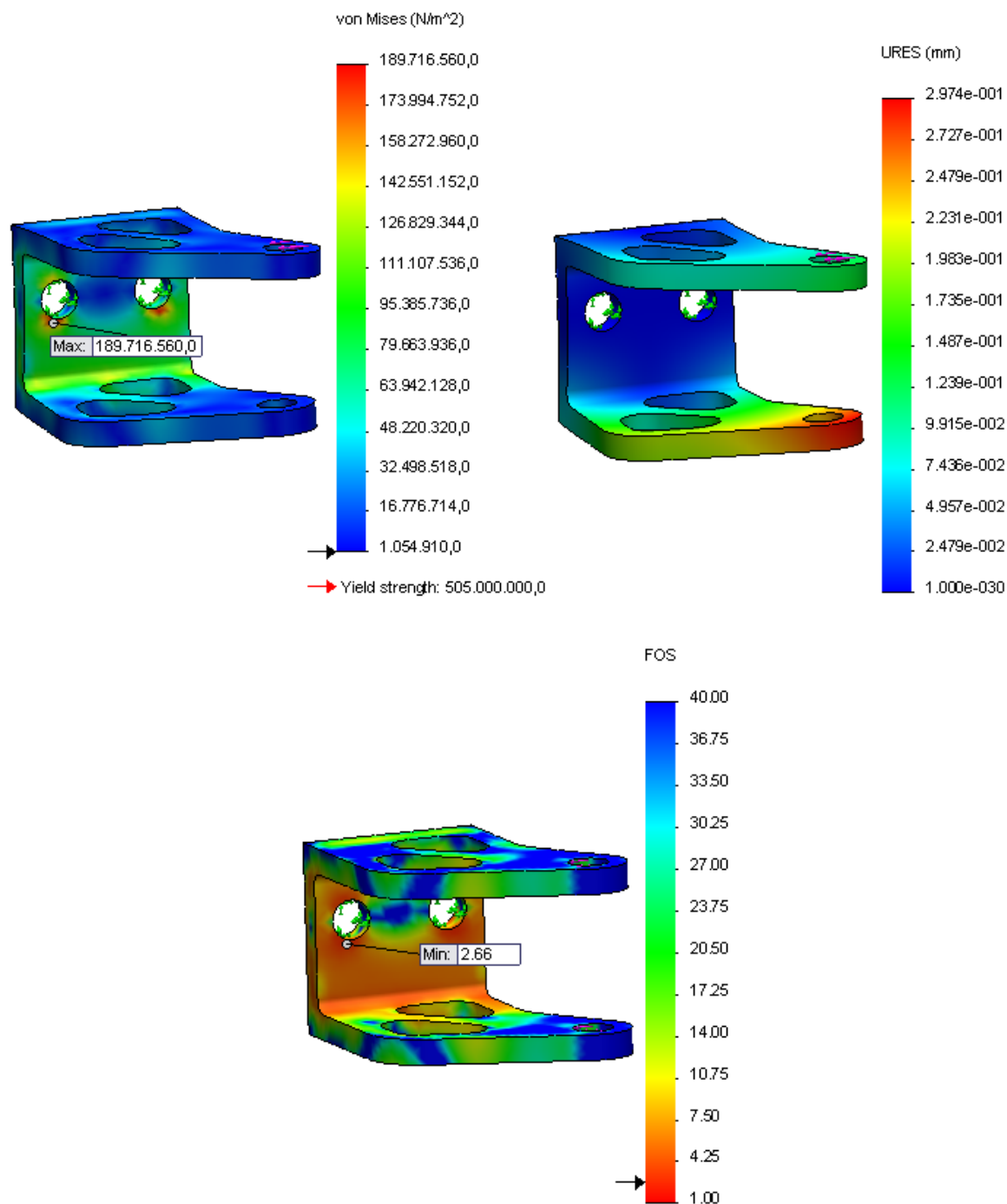


Figura 2.68 - Resultats visuals de la simulació E11

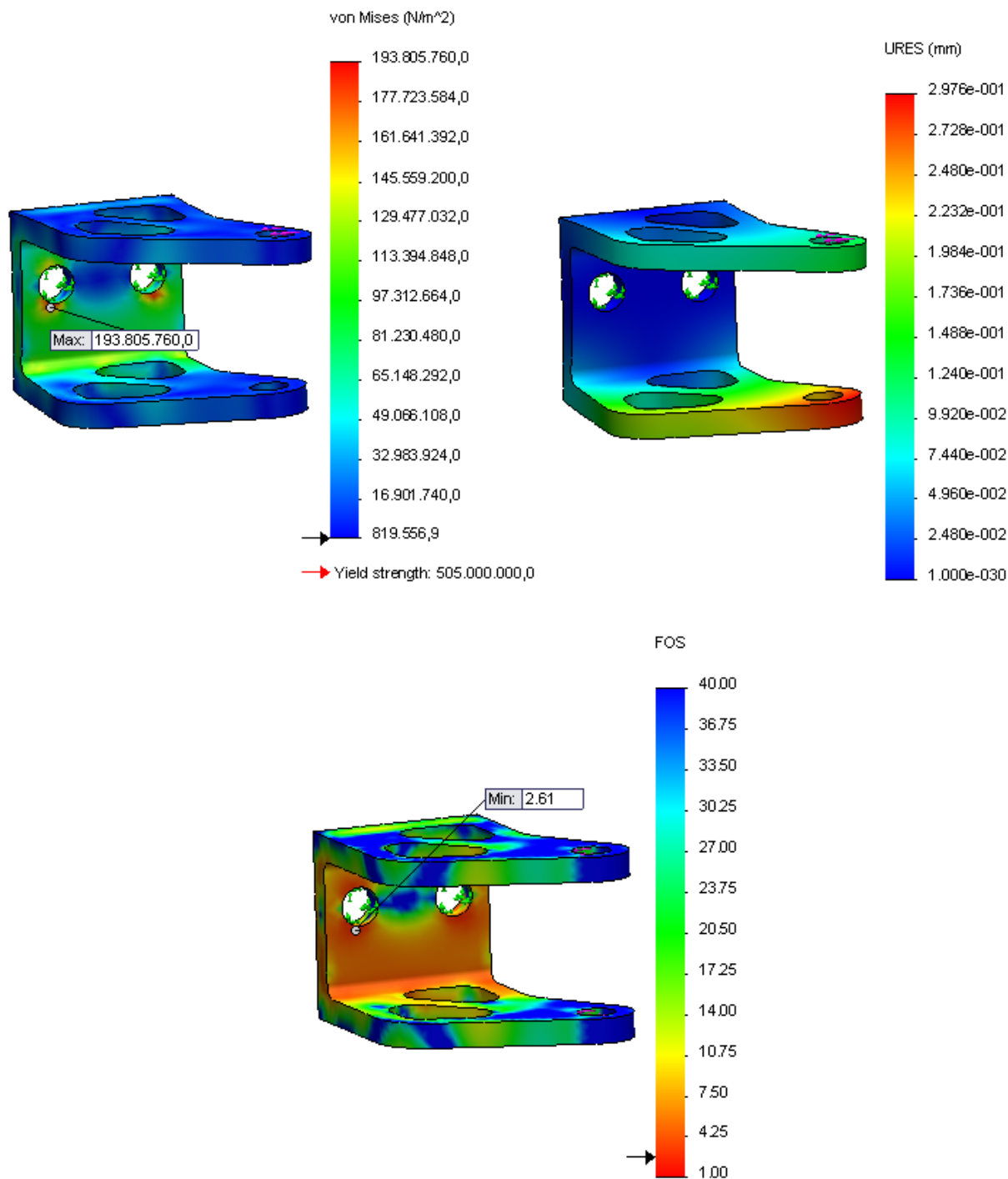


Figura 2.69 - Resultats visuals de la simulació E12

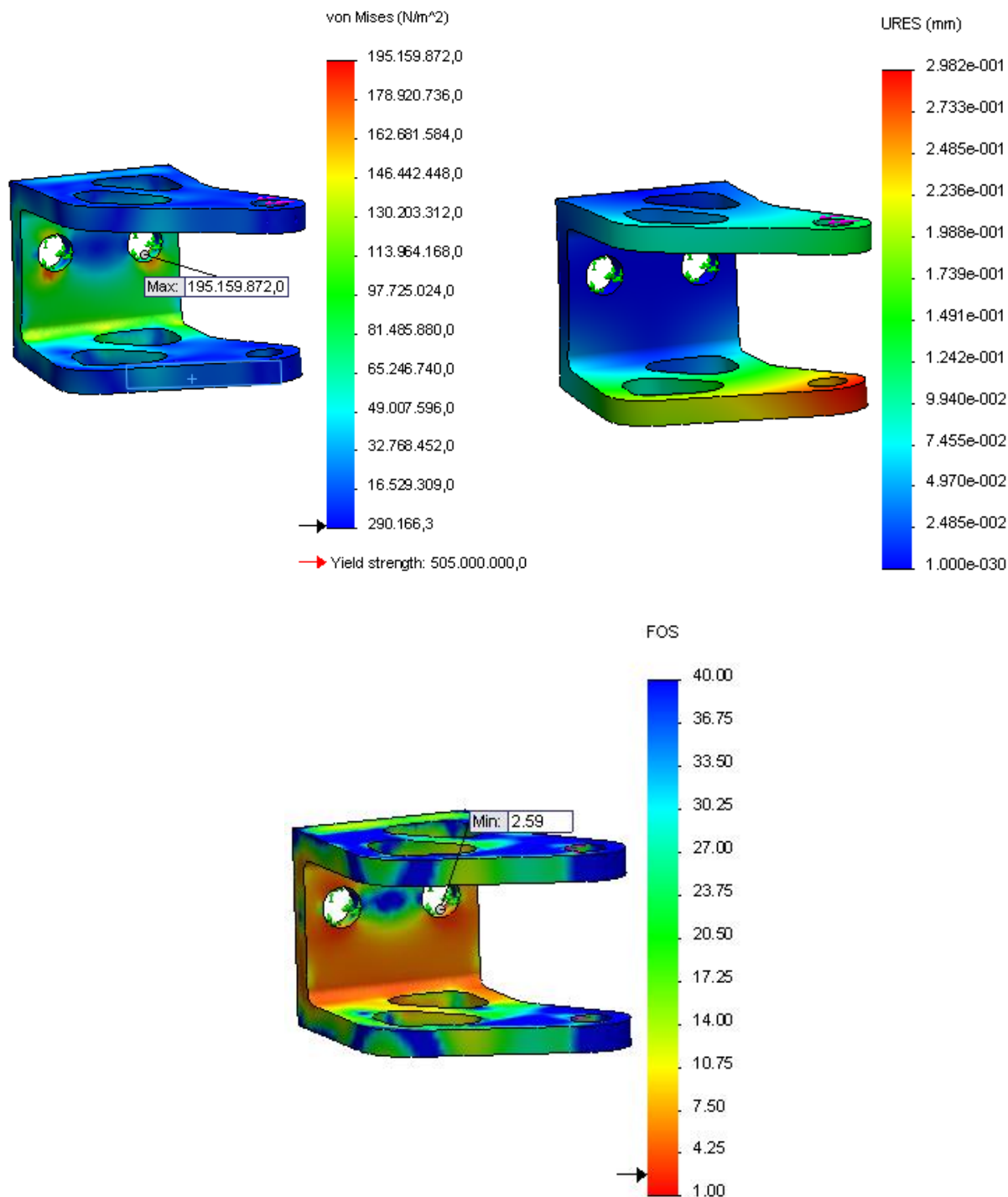


Figura 2.70 - Resultats visuals de la simulació E13

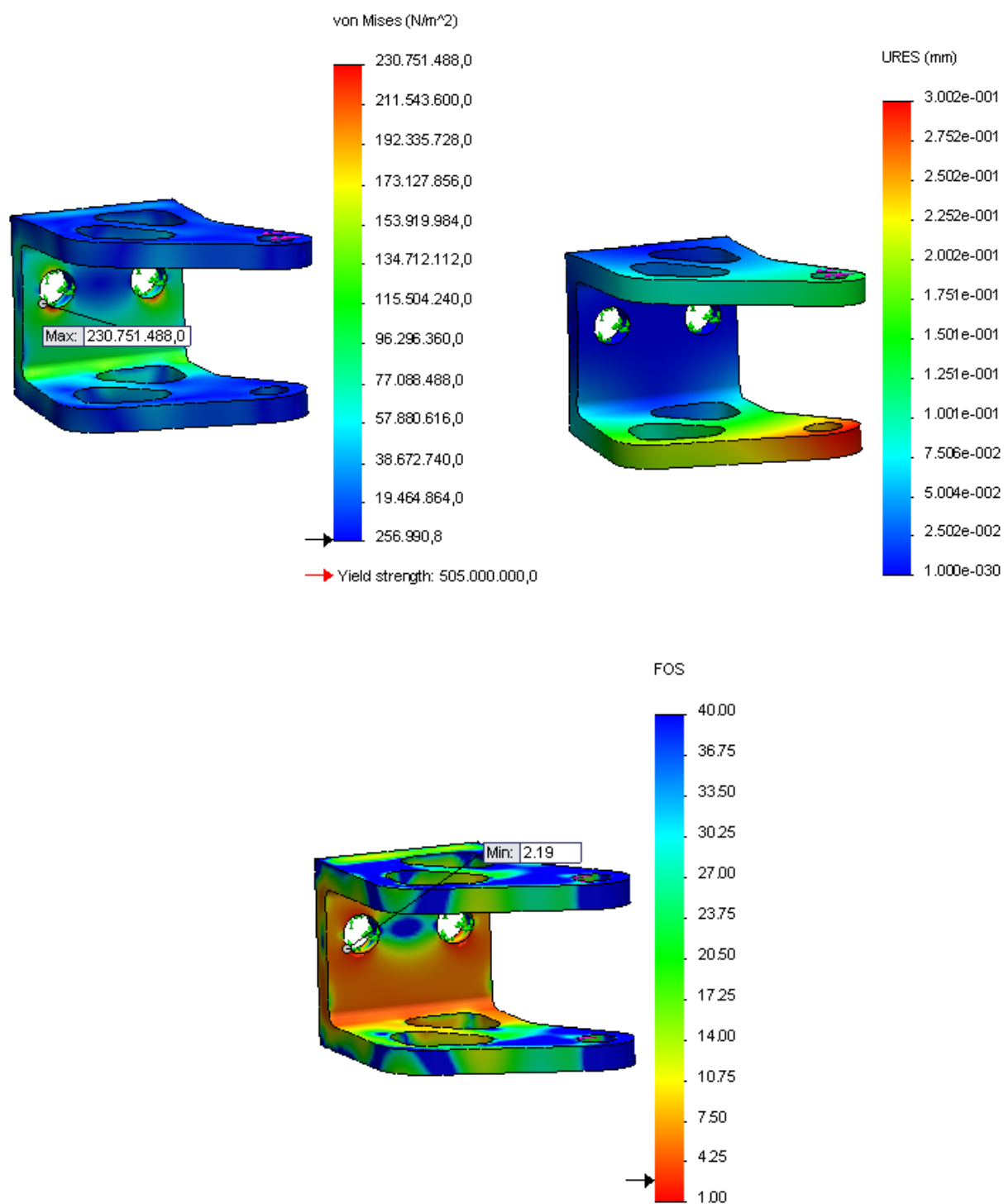


Figura 2.71 - Resultats visuals de la simulació E14

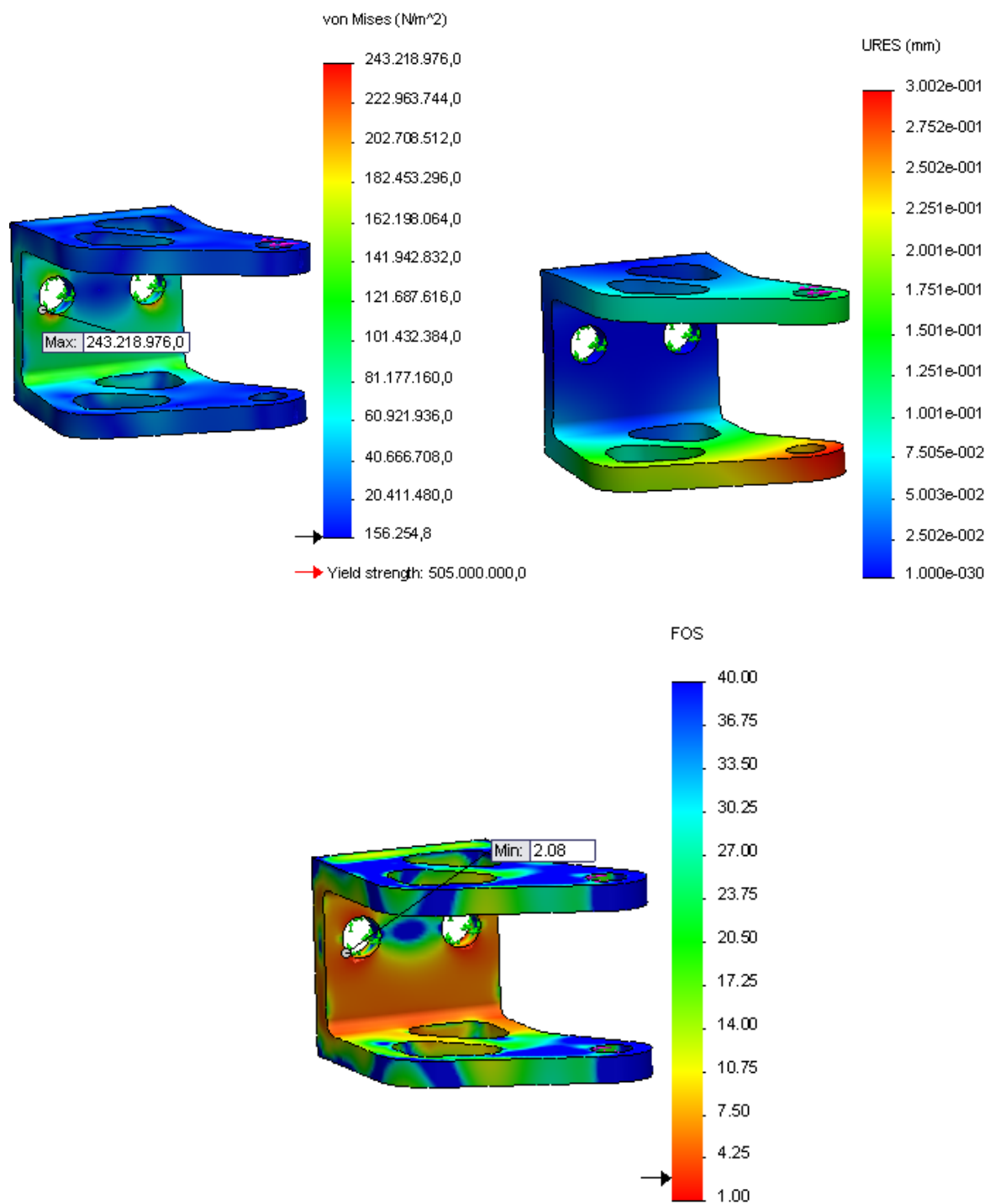


Figura 2.72 - Resultats visuals de la simulació E15

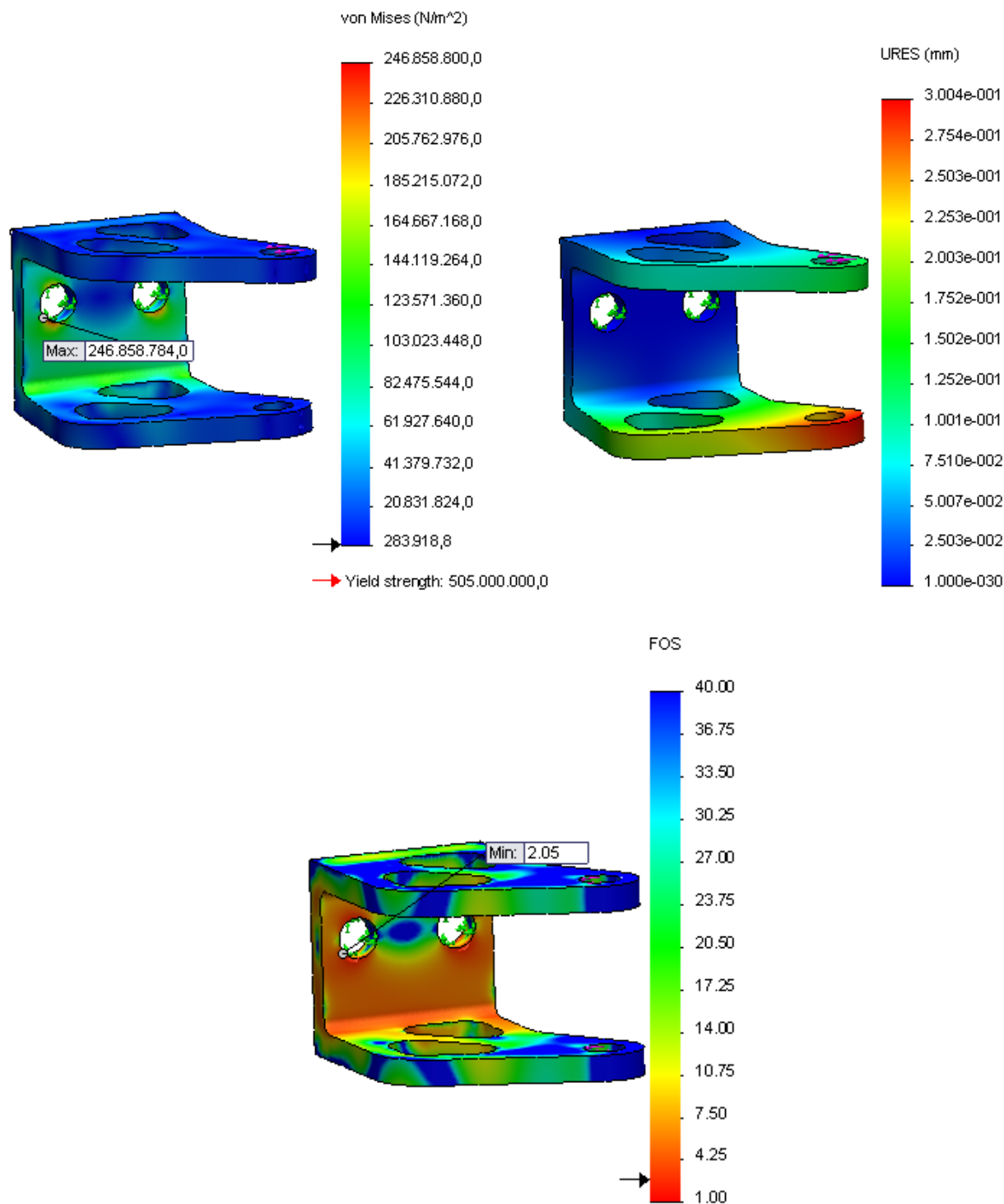
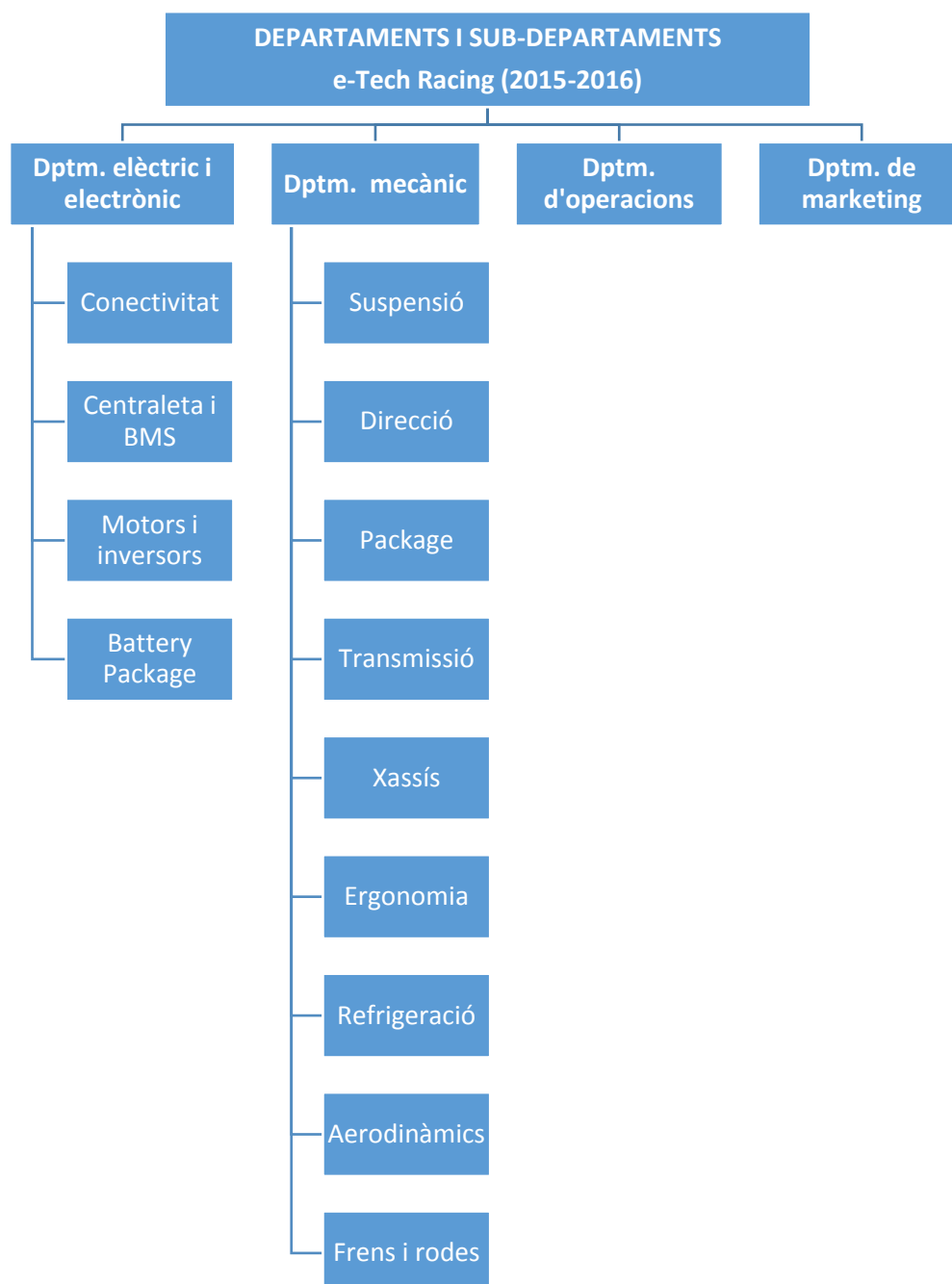


Figura 2.73 - Resultats visuals de la simulació E16

3. Annex C – Informació extra i *datasheets*

C1. Organització de l'e-Tech Racing



C2. Característiques tècniques del vehicle (*Design Spec Sheet*)

FSS (EV) Design Spec Sheet							2016	
Competitors: Please read the Instructions-Tips (tab below) prior to the completion and submission of this sheet.								
Car No.		E79						
School		UPC EUETIB						
Dimensions		Units						
Overall Dimensions	mm	Length:	3016	Width:	1456	Height:	1137	
Wheelbase & Track	mm	Wheelbase:	1565	Front Track:	1250	Rear Track:	1150	
Center of Gravity Design Height	mm	CG Height:	227	Confirmed Via:	N/A			
Mass without driver	kg	Front:	103,54	Rear:	141,85	Total:	245,39	
Weight Distribution with 68kg driver		% Front:	46,8	% Left:	53,2			
Suspension Parameters		Units		Front		Rear		
Tire Size, Compound and Make				20.5x7.0-13, R25B, Hoosier		20.5x7.0-13, R25B, Hoosier		
Wheels (width, construction)				7 in, +31 mm offset, Aluminum stamped		7 in, +31 mm offset, Aluminum stamped		
Suspension Type				Short-Long Arms, pull-rod with antiroll bars		Short-Long Arms, push-rod with antiroll bars		
Suspension design travel	mm	Jounce (col D): Rebound (col E):	30	30	Jounce (col G): Rebound (col H):	30	30	
Wheel rate (chassis to wheel center)	N/mm	21,06			24,3			
Roll rate (chassis to wheel center)	NM/deg	317,51			318,23			
Sprung mass natural frequency	Hz	2,62			2,49			
Jounce Damping	% critical	46,66	at __ mm/sec:	60	46,66	at __ mm/sec:	60	
Rebound Damping	% critical	105	at __ mm/sec:	60	105	at __ mm/sec:	60	
Motion ratio	__ :1	0,9	Type:	Linear	0,9	Type:	Linear	
Ride Camber (Rate of Camber Change)	deg/m	-64,53			-60,26			
Roll Camber	deg/deg	-28,9			-43,76			
Static Toe (- out, + in)	deg	Adjustable, $\pm 0,5^\circ$			Adjustable, $\pm 0,5^\circ$			
Static camber	deg	1,5			1,5			
Static camber adjustment method		Adjustable from 0 to 3 deg by shim plates		Adjustable from 0 to 3 deg by shim plates				
Anti dive / Anti Squat	%	27,68			37,20			
Roll center height above ground, static	mm	52,26			57,58			
Roll center position at 1g lateral acc	mm	Height (col D): Lateral (col E):	51,72	65,58	Height (col G): Lateral (col H):	55,93	108,64	
Front Caster, Trail, and Scrub Radius		Caster (deg):	3,34	Kin Trail (mm):	15,27	Scrub Rad (mm):	9,6	
Front Kingpin Axis		Inclination (deg):	8	Offset (mm):	39,665			
Static Ackermann	%	76,32	Adjustable?	No				
Suspension Adjustment Methods		Camber, toe and effective push/pull rods length. Two-way adjustable dampers with adjustable spring pre-load. Assortment of diferent Spring Rates						
Steer Ratio, C-Factor, Steer Arm Length		Steer Ratio (x:1)	3.47:1	c-factor (mm)	125,66	Steer Arm Length	73,23	

Brake System / Hub & Axle	Units	Front		Rear	
Rotors		Floating, 222mm, vented, 4mm thick, martensitic stainless steel		Floating, 222mm, vented, 4mm thick, martensitic stainless steel	
Master Cylinder		d=17.8mm, bearing mounted		d=19.1mm, bearing mounted	
Calipers		d=28mm, Jjuan caliper, floating, foundry		25.4, Jjuan caliper, fixed, foundry body	
Brake Pad/Lining Material		Jjuan synthetic brake pad		Jjuan synthetic brake pad	
Force and Pressures @ 1g Deceleration		Front Pres. (bar):	60	Rear Pres. (bar):	34,5
Upright Assembly		One piece of machined aluminium 7075-T6		One piece of machined aluminium 7075-T6	
Hub Bearings		Radial, Ø100mm		Radial, Ø80mm	
Axle type, size, and material		One piece of Ø135x97.5mm machined aluminium 7075-T6		One piece of Ø135x95.5mm machined aluminium 7075-T6	

Ergonomics	Units		
Driver Size Adjustments		Seat and Head Restraint fixed, pedals adjustable +/- 109 mm	
Seat (materials, padding/damping)		Low density polyurethane foam with glass fiber and reinforced with flax fiber	
Steering Wheel (dia, construction)		Diamter (mm)	230
Shift Actuator (type, location)		N/A	
Clutch Actuator (type, location)		N/A	
Instrumentation		3 indicator LEDs, LCD Screen, Bargraph, Emergency Stop Switch, Piezoelectric Button,	
Optional: (e.g., Driver Safety Systems, etc.?)		GPS tracking device; Floors to protect dampers and front anti roll bar; Floor behind the seat	

Electrical (non-drive systems)	Units		
Power Management / Control		Safety controlled by non-programmed hardware. Power management controlled by ECU and	
Wiring / Loom / ECM mounting		Cable size range from 28 AWG to 16 AWG, protected against EMI	
Battery / Charging System		24V, 18Ah LV purchased battery. Resettable fuses protecting systems	
Grounding		All systems grounding refered to steel tubular chassis.	
Driver Assist Systems		Traction control and electronic differential	
Logging / Telemetry		Purchased datalogger, USB flash memory used	
Special Sensing Technology		Real-Time GPS position.	

Frame	Units		
Frame Construction		Steel spaceframe	
Material		ST-52 (E355) steel for structural tubing and S235 steel for structural support	
Joining method and material		TIG welded, tungsten electrode as filler material	
Bare frame mass with brackets & paint	kg	Target:	35
Torsional stiffness	N-m/deg	Target:	1500
Torsional stiffness validation method		Acc. to Riley, William B. and George, Albert R. "Design, Analysis and Testing of a Formula SAE Car Chassis"	
Impact Attenuator configuration		Aluminium Honeycomb design, attached to the AIP with CEYS Araldyte Metales. AIP	
Impact Attenuator dimensions	mm	Width:	200
Impact Attenuator energy capacity	kJ	Energy:	7,995

Tractive Drive Power System	Units	Front			Rear		
Motor Manufacturer / Model / Type		N/A			Mavilor, MA-55, PMSM		
Motor Technology utilized		N/A			PM synchronous		
Motor Count and Location(s)		N/A			2 inside the frame		
Driven Wheel Count & Location(s)		N/A			2, rear		
Nominal Motor Voltage (phase and volts)	P, V	Phase (col D): Voltage (col E):	N/A	N/A	Phase (col G): Voltage (col H):	3 phases	400 V
Maximum Design Motor RPM (1/min)	rpm	N/A			6000		
Base Speed (max torque until xx RPM)	rpm	N/A			5200		
Maximum Motor Torque (peak)	Nm for Xsec	N/A			190 for 1s		
Maximum Motor Torque (continuous)	Nm	N/A			32		
Maximum Motor Power (peak)	kW at RPM	N/A			55 kW @ 5200 RPM		
Maximum Motor Power (continuous)	kW @ RPM	N/A			20 kW @ 6000 RPM		
Motor Speed Sensor(s)? If so, what type		N/A			Yes, resolver.		
Significant Motor Modifications		N/A			None		
Motor Controller(s) Type / Model		N/A			Infranor, XtrapulsPAC-400/100		
Motor Controller Discharge Power (peak)	kW for x sec	N/A			69KW for 2sec		
Controller Continuous Discharge Power	kW	N/A			19.2		
Accumulator Cell Manufacturer / Type		N/A			Hong Kong Mingda Industrial Co., Ltd. / Pouch		
Accumulator Cell Voltage / Capacity	Volts, mAh	N/A			3.7 / 12500		
Accumulator Voltage (fully charged)	V	N/A			588		
Accumulator Cell Technology/Chemistry		N/A			Lithium-Ion / LiCoO ₂		
Accumulator Cell Configuration		N/A			140s1p		
Accumulator Discharge Power (peak)	kW for x sec	N/A			183 for 1 sec		
Accumulator Discharge Pwr (continuous)	kW	N/A			111		
Accumulator Full Charge Time	hrs:min	N/A			3:00		
Accumulator Charging Efficiency	%	N/A			90		
Accumulator Charging Power	kW	N/A			10		
Torque Control Modes (vectoring, etc.)		N/A			Field Oriented Control (FOC)		
Other Special Components		N/A			Self-developed coldplate for the motor		

Drivetrain	Units						
Drive Type		Direct transmission. Chain (12.7mm pitch, 7.75mm interior width, 20.5mm exterior width,					
Differential Type (if used)		Electronic differential					
Final Drive Reduction Ratio	_:1	3,875					
Vehicle Speed @ max power (design) rpm	kph	1st gear:	151,97	2nd gear:	N/A	3rd gear:	N/A
Vehicle Speed @ max power (design) rpm	kph	4th gear:	N/A	5th gear:	N/A	6th gear:	N/A
Half shaft size and material		500mm lenght, hollow, gun drilled and honed, AISI 4340 steel, 228HV					
Axle Joint type		Tripod joint					

Aerodynamics (if applicable)	Units						
Type / Configuration		Front wing, undertray, difuser, bodywork.					
Forces (at 80 kph, $\rho = 1.162 \text{ kg/m}^3$)		Downforce (N):	184,32	% Front:	62,37	Drag (N):	146,91
Coefficients & Reference Area		Cl:	0,73	Ref. Area (m ²):	0,84	Cd:	0,64
Noteable Features (active, etc)							

Other Information	Units						
Body Work (material, process)		Carbon fiber with bioresin, vacuum infusion					
Optional Information		Flax fiber for the front wing and undertray					

C3. Dependència entre components

A continuació es detallen alguns aspectes relacionats amb el quadre de dependència entre components.

Com es pot observar a la fila i a la columna dels components es distingeixen diferents colors. Les caselles de color blau fluix son totes aquells peces dissenyades i fabricades per la persona que s'encarrega del Conjunt-Roda. Les de color blau fosc son aquells components comercials o normalitzats que s'adquireixen de compra (o a través del patrocini) i també formen part del departament de Frens i Rodes. Pel que fa a les caselles de color taronja es tracte d'aquells que corresponen a altres departaments, sent el palier i el sensor components comercials d'aquests departaments veïns.

Cal destacar que quan es marca una casella en verd es tracte de la influència directa que hi ha entre components, però això no vol dir que una peça no afecti a un altre de forma indirecte. Per exemple en el quadre no es troba marcat la geometria de direcció si s'analitza la mangueta, però aquesta geometria si que té un efecte en el suport de la bieleta i alhora aquest suport en la mangueta.

Es pot comprovar com hi ha files on no hi ha cap casella marcada en verd. Això significa que alguns components comercials, malgrat tinguin influència sobre el disseny d'altres components, no reben cap influència degut a que es tracte d'un element ja adquirit, o bé les seves característiques no es poden canviar i son les peces del voltant les que s'han d'adaptar a aquest elements comercial. El cas de la pinça i la llanta son exemples de components ja adquirits, els quals les demás peces son les que s'han d'adaptar a les seves característiques.

	Manguetes	Boixes	Spts trapezi	Spt. pinça	Spt. bieleta	Roda sen.	Spt. manxa	Casquets	Platines	Distan.	Spt. sensor	Rodaments	Cargolaria	Llanta	Pinça	Disc	Espàrrecs	Extrems tra.	Ge de susp	Ge de dire	Palier	Sensor
Manguetes																						
Boixes																						
Suport superior																						
Suport pinça																						
Suport bieleta																						
Roda sensor																						
Suport manxa																						
Casquets																						
Platines																						
Distanciadors																						
Suport sensor																						
Rodaments																						
Cargolaria																						
Llanta																						
Pinça																						
Disc																						
Espàrrecs																						
Extrems trapezi																						
Geom. Susp																						
Geom. Dire																						
Palier																						
Sensor																						

Figura 0.73 – Esquema amb la dependència entre components

C4. Sensor GS101205

Gear Tooth Speed Sensors



GS101205 Sensors

Flange mount gear tooth speed sensor rated to 140 °C

Description

The GS101205 series gear tooth speed sensors are Hall Effect devices designed for use in applications where ferrous edge detection/near zero speed sensing is needed. The single Hall design is immune to alignment issues allowing unlimited mounting positions. They provide a sinking current output.

Features

- From near zero speed up to 15 kHz sensing capability
- Plastic flange mount-housing
- Resistant to fuels, solvents, and lubricants associated with engines, transmissions, brakes and chassis systems
- RoHS compliant
- IP67
- Typical air gap of 1.5 mm*

Typical Applications

- Speedometers
- Anti-lock braking systems
- Exercise equipment
- CNC machine tools

Environmental Specifications

Vibration	Sinusoidal, 15 g max from 40 Hz to 2 kHz
Mechanical Shock Resistance	50 g
Maximum Speed Detection	15 kHz
Operating Temperature**	-40 °C to 140 °C (-40 °F to 284 °F) **up to 150 °C (302 °F) with reduced performance
Storage Temperature	-40 °C to 150 °C (-40 °F to 302 °F)
Ingress Protection	IP67

Electrical Specifications

Operating Supply Voltage	5 to 24 VDC
Maximum Input Voltage	30 VDC
Maximum Reverse Voltage	26.5 VDC
Supply Current	3 mA typ., 6 mA max
Output Sink Current	25 mA max
Recommended Pull-Up Resistor	See chart

Mechanical Specifications

Housing Material	Glass Reinforced Thermoplastic
Maximum Installation Torque Limit	5.65 Nm (50 in lb) on threads
Operating Air Gap / Sensing Distance*	1.5 mm (0.06")
* With recommended target type; see drawing	
Sensor Orientation	Not sensitive
Possible O-ring size	AS568A-016 (varies with application)

Products

Part Number	Leads	Connector**
GS101205		Delphi Metri-Pack 150

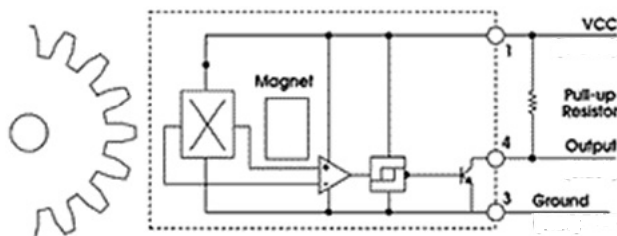
**Mates to Delphi connector 12162280

Note: An external pull-up resistor is required, the value of which is dependent on the supply voltage. The resistor should be connected between the output and Vcc. Refer to the wiring diagram for lead colors or pin numbering as applicable.

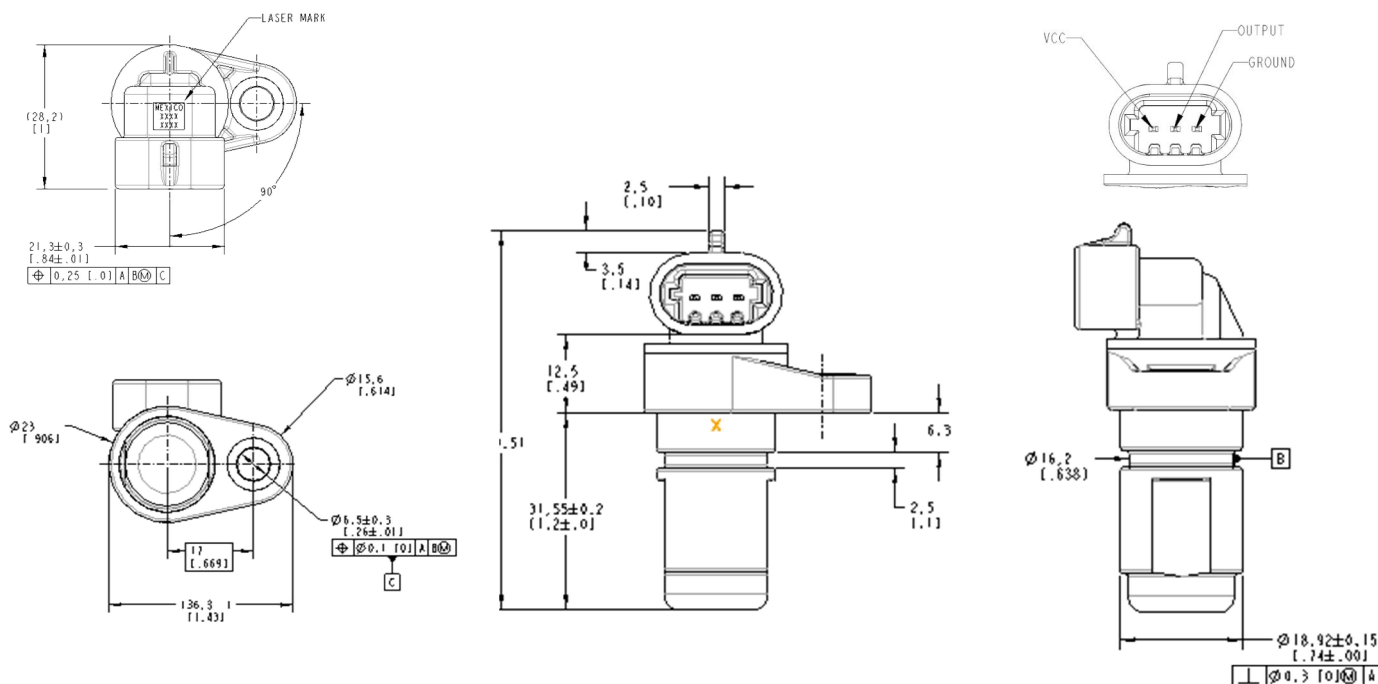
Recommended External Pull-Up Resistor

Volts DC	5	9	12	15	24
Ohms	1k	1.8k	2.4k	3k	3k

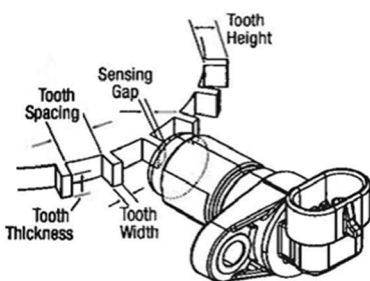
Open Collector Sinking Block Diagram



Dimensions mm (inches)



Installation



For best results, we recommend targets made from low carbon cold rolled steel. Other factors that influence sensor performance include gear tooth height and width, space between the teeth, shape of the teeth and thickness of the target. As a general guideline, consider a target with minimum parameters as shown below. Note that smaller dimensions may work, but testing for the application is required.

Tooth Height	Tooth Width	Distance between Teeth	Target Thickness
5.0 mm (.200")	2.5 mm (.100")	10 mm (.400")	6.35 mm (.250")

C5. Rodaments

Toleràncies pels eixos:

Condiciones de rotación	Tipo de rodamiento	Diámetro del eje mm	Desplazamiento Carga	Campos de tolerancia
Carga puntual para el anillo interior	Rodamientos a bolas, rodamientos de rodillos	todos los tamaños	Anillo interior fácilmente desplazable	g6 (g5)
			Anillo interior difícilmente desplazable. Rodamientos a bolas de contacto angular y rodamientos de rodillos cónicos con anillo interior ajustado	h6 (j6)
	Rodamientos de agujas	todos los tamaños	Rodamientos libres	h6 (g6) ¹⁾
Carga giratoria para el anillo interior o dirección de carga indeterminada	Rodamientos a bolas	hasta 50	Carga normal ²⁾	j6 (j5)
		50 hasta 100	Carga reducida ³⁾	j6 (j5)
			Carga normal y elevada ⁴⁾	k6 (k5)
		100 hasta 200	Carga reducida ²⁾	k6 (m6)
			Carga normal y elevada ⁵⁾	m6 (m5)
		más de 200	Carga reducida	m6 (m5)
			Carga normal y elevada	n6 (n5)
	Rodamientos	hasta 60	Carga reducida	j6 (j5)

Toleràncies pels forats:

Condiciones de rotación	Desplazamiento. Carga	Condiciones de funcionamiento	Campos de tolerancia
Carga puntual en el anillo exterior	Anillo exterior fácilmente desplazable, alojamiento no partido	La calidad de la tolerancia depende de la precisión de rotación requerida	H7 (H6) ¹⁾
	Anillo exterior fácilmente desplazable, alojamiento partido		H8 (H7)
	Anillo exterior difícilmente desplazable, alojamiento no partido	Alta precisión de rotación requerida	H6 (J6)
	Anillo exterior difícilmente desplazable, rodamientos a bolas de contacto angular y rodamientos de rodillos cónicos con anillo exterior ajustado, alojamiento partido	Precisión de rotación normal	H7 (J7)
	Anillo exterior fácilmente desplazable	Aportación de calor a través del eje	G7 ²⁾

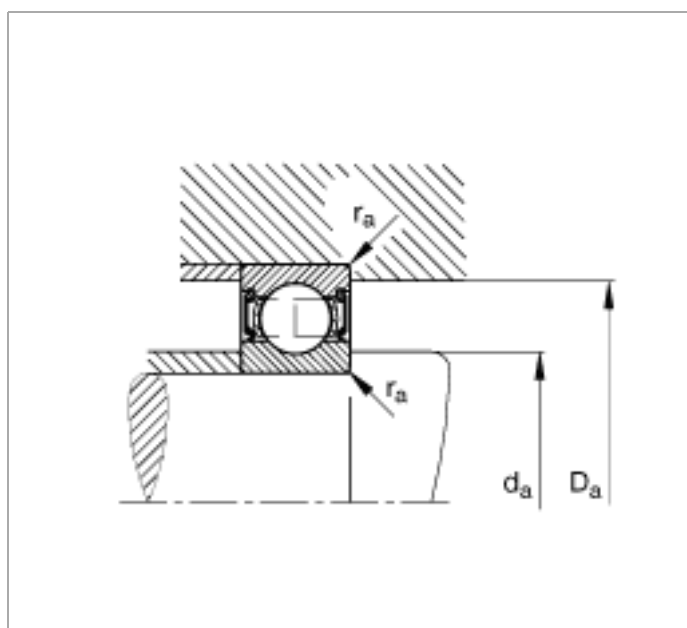
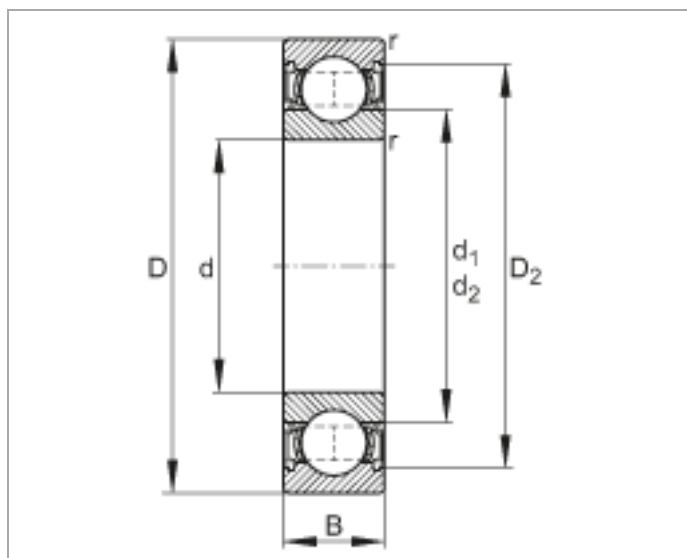
Rodamiento rígido a bolas

61910-2RSR (Serie 619..-2RSR)

medidas principales según DIN 625-1, obturación de labio en ambos lados

Esta hoja de datos sólo es una vista general de medidas y capacidades de carga del producto seleccionado. Tenga en cuenta, sin falta, todas las indicaciones de estas páginas. Para muchos productos encontrará más información bajo el apartado "Descripción" del menú. Además puede solicitar amplio material de información a través de la Solicitud de catálogos (<http://www.fag.de/content.fag.de/en/mediathek/library/library.jsp>) o por teléfono +49 91 32 82 - 28 97.

d	50 mm
D	72 mm
B	12 mm
d ₁	56,6 mm
D ₂	68,6 mm
D _a max	68,8 mm
d _a min	53,2 mm
r _a max	0,6 mm
r _{min}	0,6 mm
m	0,13 kg Peso
C _r	15400 N Capacidad de carga dinámica, radial
C _{0r}	11700 N Capacidad de carga estática, radial
n _G	4700 1/min Velocidad límite
C _{ur}	680 N Carga límite de fatiga, radial



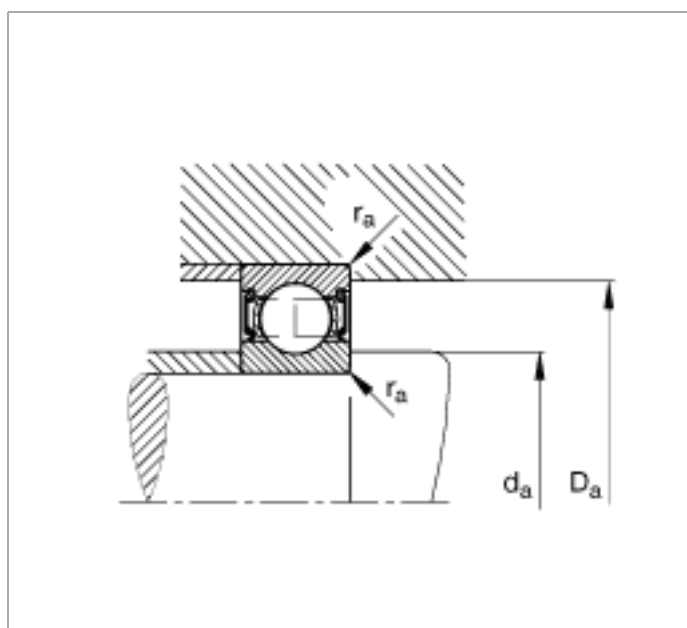
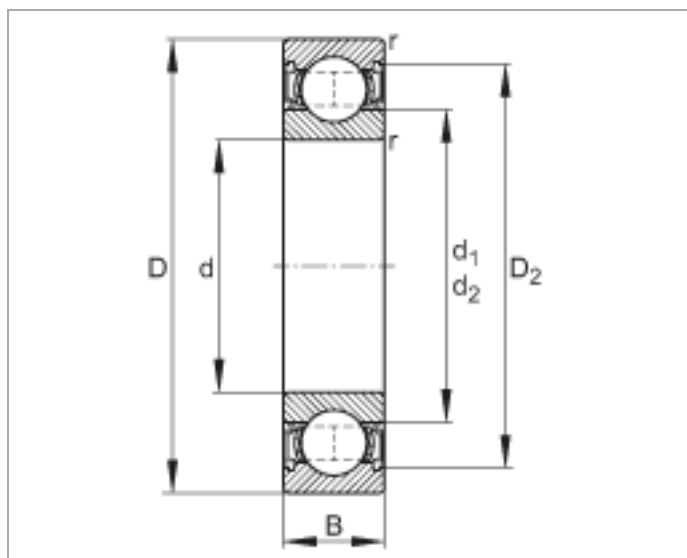
Rodamiento rígido a bolas

61815-2RSR-Y (Serie 618..-2RSR)

medidas principales según DIN 625-1, obturación de labio en ambos lados

Esta hoja de datos sólo es una vista general de medidas y capacidades de carga del producto seleccionado. Tenga en cuenta, sin falta, todas las indicaciones de estas páginas. Para muchos productos encontrará más información bajo el apartado "Descripción" del menú. Además puede solicitar amplio material de información a través de la Solicitud de catálogos (<http://www.fag.de/content.fag.de/en/mediathek/library/library.jsp>) o por teléfono +49 91 32 82 - 28 97.

d	75 mm
D	95 mm
B	10 mm
d ₁	81,6 mm
D ₂	90,5 mm
D _a max	91,8 mm
d _a min	78,2 mm
r _a max	0,6 mm
r _{min}	0,6 mm
m	0,15 kg Peso
C _r	13700 N Capacidad de carga dinámica, radial
C _{0r}	13400 N Capacidad de carga estática, radial
n _G	3300 1/min Velocidad límite
C _{ur}	870 N Carga límite de fatiga, radial



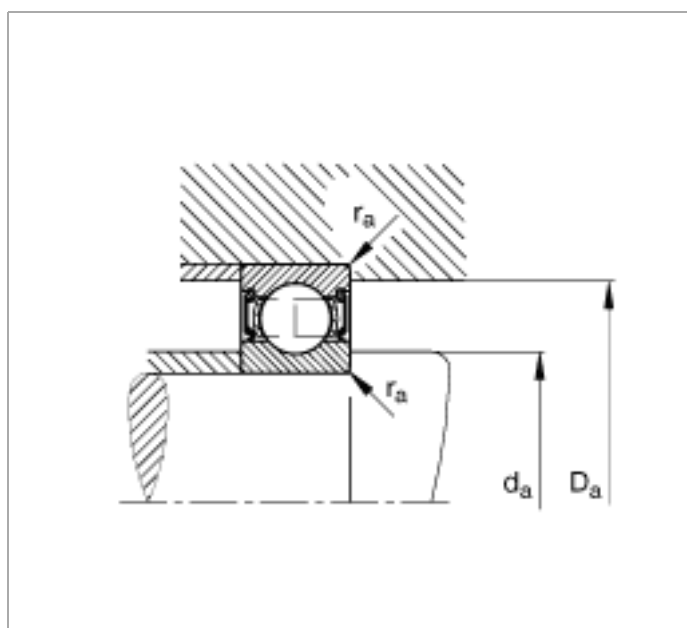
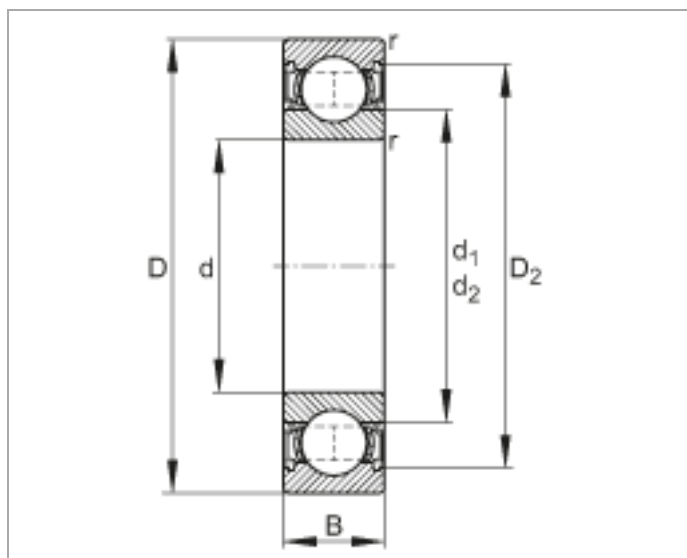
Rodamiento rígido a bolas

61911-2RSR (Serie 619..-2RSR)

medidas principales según DIN 625-1, obturación de labio en ambos lados

Esta hoja de datos sólo es una vista general de medidas y capacidades de carga del producto seleccionado. Tenga en cuenta, sin falta, todas las indicaciones de estas páginas. Para muchos productos encontrará más información bajo el apartado "Descripción" del menú. Además puede solicitar amplio material de información a través de la Solicitud de catálogos (<http://www.fag.de/content.fag.de/en/mediathek/library/library.jsp>) o por teléfono +49 91 32 82 - 28 97.

d	55 mm
D	80 mm
B	13 mm
d ₁	62,6 mm
D ₂	74,2 mm
D _a max	75,4 mm
d _a min	59,6 mm
r _a max	1 mm
r _{min}	1 mm
m	0,18 kg Peso
C _r	17700 N Capacidad de carga dinámica, radial
C _{0r}	14100 N Capacidad de carga estática, radial
n _G	4250 1/min Velocidad límite
C _{ur}	760 N Carga límite de fatiga, radial



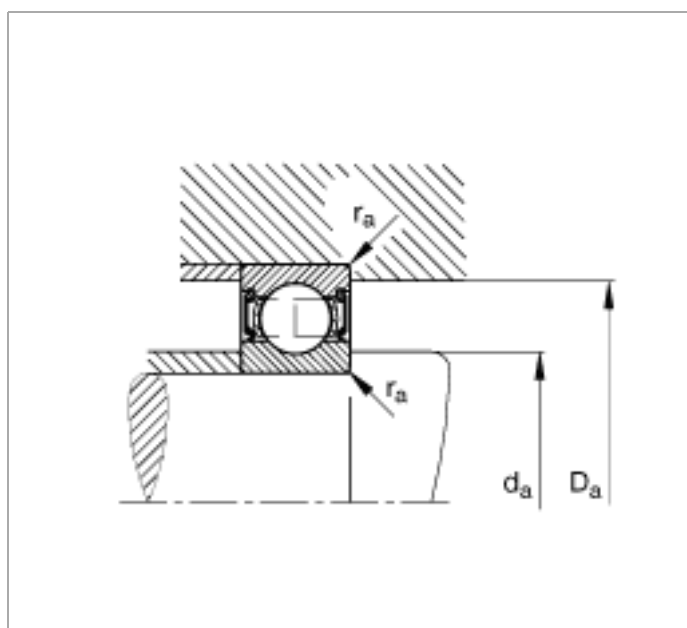
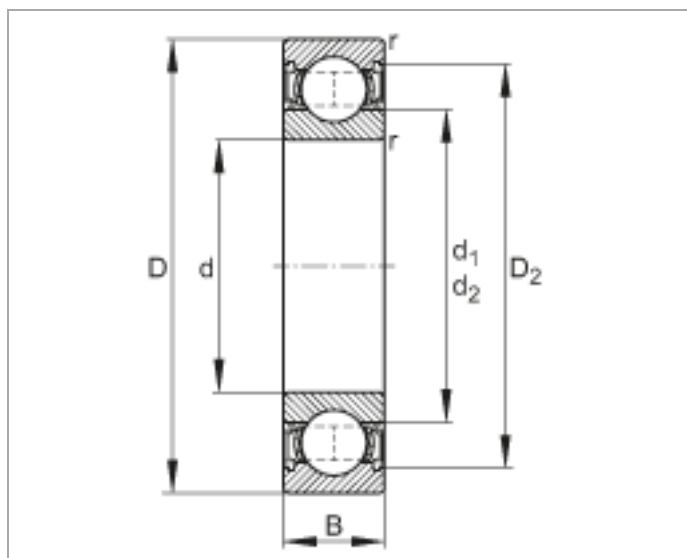
Rodamiento rígido a bolas

61816-2RSR-Y (Serie 618..-2RSR)

medidas principales según DIN 625-1, obturación de labio en ambos lados

Esta hoja de datos sólo es una vista general de medidas y capacidades de carga del producto seleccionado. Tenga en cuenta, sin falta, todas las indicaciones de estas páginas. Para muchos productos encontrará más información bajo el apartado "Descripción" del menú. Además puede solicitar amplio material de información a través de la Solicitud de catálogos (<http://www.fag.de/content.fag.de/en/mediathek/library/library.jsp>) o por teléfono +49 91 32 82 - 28 97.

d	80 mm
D	100 mm
B	10 mm
d ₁	86,6 mm
D ₂	95,5 mm
D _a max	96,8 mm
d _a min	83,2 mm
r _a max	0,6 mm
r _{min}	0,6 mm
m	0,17 kg Peso
C _r	13800 N Capacidad de carga dinámica, radial
C _{0r}	13800 N Capacidad de carga estática, radial
n _G	3100 1/min Velocidad límite
C _{ur}	900 N Carga límite de fatiga, radial



C6. Llanta Braid Sturace

Característica	Mida	Unitat
Diàmetre	13	"
Amplada	8	"
Subjecció	4 punts	-
Diàmetre punts de subjecció	100	mm
Mida dels espàrrecs	M12	-
Diàmetre del centrador	50	mm
<i>Offset</i>	31	mm
Fabricació	Forja	-
Altres	peça <i>monoblock</i>	-

C7. Propietats Alumini 7075-T6

Composición Química											
%		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros	Al
Min.Max		0,40	0,50	1,20 2,00	0,30	2´10 2´90	0,18 0,28	5,10 6,10	0,20	Zr + Ti 0,25	0,15 Resto
Equivalencias Internacionales											
USA	ESPAÑA	FRANCIA	ALEMANIA			G.B	SUECIA	SUIZA	CANADA	ITALIA	
A.A.	U.N.E.	AFNOR	DIN(1712-1725)			B.S.	S.I.S.	VSM	ALCAN	UNI	
7075	L-3710 38.371	A-Z5 GU	AlZnMgCu1,5 3.4365			L160	-	Perunal	75 S	3735	
Propiedades Mecánicas											
ESTADO	Carga de rotura Rm N/mm2		Límite elástico Rp 0.2 N/mm2		Alargamiento 5,65 V So		Resistencia de la Cizalladura N/mm2		Dureza Brinell(HB) Vickers		
0	280		150		10		-		-		
T6	540		480		11		330		145 157		
Propiedades Físicas											
Módulo elástico N/mm2	Peso específico gms/cm3	Temperatura de fusión °C		Coeficiente de dilatac. lineal (20°-100°) 10-6/ °C		Conductividad térmica w/m °C		Resistencia eléctrica Micro Ohm cm.		Conduct. eléctrica % IACS	Potencial de disolución V.
72.000	2,80	475-630		23´5		130		5´2		34	0´81
Radios De Plegado											
Estado	Coef	0´4-0´8 m/m	0´8-1´6 m/m	1´6-3´2 m/m	3´2-4´8 m/m	4´8-6 m/m	6-10 m/m	10-12 m/m			
0	K	0	1	1	1´5	2´5	3´5	-			
T6	K	4´5	5´5	6´5	7	8	-	-			
-	K	-	-	-	-	-	-	-			

[illegible]